



超外差式晶体管收音机 实训指导书

阴家龙 曹清 编



淮安信息职业技术学院
Huai'an College of Information Technology

前言

本实训指导书主要介绍了晶体管收音机的基本原理，收音机的电路图识读，收音机的装配工艺，收音机常见故障的分析与排除方法，收音机的静态调试、动态调试。

通过收音机的装配与调试，可以使学生掌握整机电路图的识读，常见元器件的判别，收音机常见故障的分析与排除，掌握高频信号发生器、示波器、毫伏表等仪器的使用方法。培养学生的独立分析问题，解决问题的能力，使学生的实践能力、理论知识的理解能力、动手能力有进一步的提高。

本实训指导书紧紧围绕理论专业知识，学生在使用本实训指导书过程中要灵活运用所学的理论知识来解决实际问题。

本实训指导书中电子技术文件简介及电子整机装配工艺部分内容是结合企业生产情况而写，老师在讲解时可以根据需要进行有针对性讲解，学生如果感兴趣可以参阅其他方面的课外书籍。

为配合江苏省无线电调试工委员会对我院学生《无线电调试工》的实践部分的考核，特将此部分内容加入，希望学生在进行收音机调试的同时，要在理解收音机的工作原理的基础上去进行调试，并完成相关内容，不要死记硬背。

本实训指导书适用于电子类高专、高职学生在学习完《模拟电子技术》、《高频电子技术》等专业课后使用。

由于编者水平有限，本书错误、疏漏在所难免，恳请读者批评指正。

目录

前言	1
第一章 绪论.....	3
第二章 收音机概述.....	4
1 收音机的分类	4
2 无线电波的发射	4
3 无线电波的接收.....	7
4 超外差式收音机的组成及工作原理	8
第三章 收音机电路图的识读	12
1 电子技术文件简介.....	12
2 电子电路图的分类.....	12
3 电原理图的识读方法.....	14
4 分立件收音机的电路识读及超外差式晶体管收音机的各单元电路工作原理.....	14
第四章 收音机的装配工艺	20
1 电子整机装配工艺概述.....	20
2 HX108 中波收音机的装配	21
第五章 收音机的检修	31
1 收音机的检修程序.....	31
2 收音机的检修方法.....	31
3 收音机检修实例.....	33
第六章 收音机的调试	44
1 电子产品调试工艺概述.....	44
2 收音机的调试所需仪器设备.....	45
3 收音机的调试.....	45
4 测试方法.....	56
5 收音机的性能测试.....	59
6 后盖装配.....	60
第七章 收音机安装调试实训考核及要求	61
附录一：HX108-2 七管半导体收音机电原理图.....	63
附录二：晶体管收音机常用元器件的识别.....	64
附录三：无线电调试工高级工实践知识鉴定操作题.....	70
附录四：超外差晶体管收音机答辩题.....	73
附录五：晶体管收音机实训教学大纲.....	75

第一章 绪论

实训目的

通过对一只正规产品收音机的安装、焊接、调试、了解电子产品的装配全过程，训练动手能力，掌握元器件的识别，简易测试，及整机调试工艺。

实训要求：

- 1、对照原理图讲述整机工作原理；
- 2、对照原理图看懂装配接线图；
- 3、了解图上符号，并与实物对照；
- 4、根据技术指标测试各元器件的主要参数；
- 5、认真细致地安装焊接，排除安装焊接过程中出现的故障。

学生通过调幅收音机基本工作原理、装配工艺与调试、维修知识的学习和 HX108 型中波收音机的实际安装、调试与检测训练，应达到以下目标：

知识目标

- (1)了解收音机的分类，熟悉超外差式收音机的基本组成和工作原理。
- (2)了解电子技术文件和电子电路图的种类，掌握电原理图的识读方法。
- (3)掌握收音机安装与调试的工艺知识、检修程序和检修方法。

技能目标

- (1)能够读懂收音机电路图和一般产品的装接工艺文件。
- (2)熟练使用有关仪器仪表，能够正确测试电子元器件。
- (3)能够按照工艺要求正确安装、调试和检测分立件中波收音机。
- (4)具备收音机典型故障分析和检修的初步能力。

第二章 收音机概述

收音机是一种普及率很高的典型电子整机设备，其任务是将电台以电磁波形式发射的广播信号接收下来，经过放大和处理后还原声音。随着电子技术和声音广播技术的发展，作为接收无线电广播的收音机也不断更新换代。自 1896 年，马可尼发明了无线电发送、接收装置以来，收音机的发展经历了矿石收音机、电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机的变化历程，其功能日趋增多，质量日益提高。现代晶体管收音机又向着电路的高度集成化、功能的多样化、频率显示和调谐的数字化、波段的扩大化、控制的电脑化，结构的小型化和音响的优质化方向发展。

1 收音机的分类

收音机可以从不同的角度来分类：根据结构和使用器件的不同，可分为电子管收音机、晶体管收音机、集成电路收音机和晶体管、集成电路混合式收音机；根据接收原理和放大方式不同，可分为直接放大式收音机和超外差是收音机；根据接收的广播制式不同，可分为调幅收音机（AM）、调频收音机（FM）和调频/调幅（FM/AM）收音机；根据接收的波段不同，可分为短波收音机、中波收音机、中短波收音机、中波超短波收音机、长中短波收音机、全波段收音；根据外形和体积不同可分为微型式收音机、袖珍式收音机、便推式收音机和台式（或落地式）收音机；根据使用电源不同，可分为交流收音机、直流收音机和交直流两用收音机；根据规格和档次不同，可分为特级、一级、二级、三级、四级收音机；根据用途和功能不同，可以分为普通收音机、收扩两用机、收录两用机和汽车收音机等；根据声源不同，可分为单声道收音机、立体声收音机。

2 无线电波的发射

无线电技术中使用的电磁波叫做无线电波，无线电波用于通讯一般有调制、发射和接收三个过程。

发射无线电波的目的是为了传递某种信号，使无线电波随着各种信号而改变叫做调制，常用的调制方法有两种：（1）调幅，使高频振荡电流的振幅随着信号而改变，一般适用于中短波广播电台。（2）调频，使高频振荡电流的频率随着调制信号而改变，电视的伴音和专门的调频广播电台使用调频波，抗干扰能力较调幅波好。

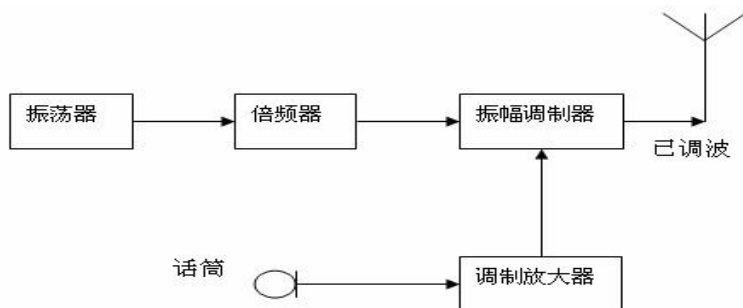


图 2-1

在日常生活中，电视和雷达是我们常见的无线电波应用的实例。在电视发射端，由

摄像管摄取景物并将景物反射的光信号转换为电信号，然后通过天线将带有信号的无线电波发射出去。在接收端，电视接收到无线电波后，经过调谐、检波，将得到的电信号送到电视机的显像管，显像管将电信号还原成景物的像。电视接收机的天线收到的无线电波除了载有图象信号外，还有伴音信号，伴音信号经过检波取出后，送到扬声器。

无线电技术中使用的电磁波叫无线电波，无线电报的波长从几毫米到几十千米。

通常根据波长或频率把无线电波分成长波、中波、中短波、短波和微波等几个波段。

表 2-1

波段		波长	频率	传播方式	主要用途
长波		30000m~3000m	10KHz~100kHz	地波	超远程无线电通信和导航
中波		300m~200m	100kHz~1500kHz	地波和天波	调幅无线电广播 电报通信
中短波		200m~50m	1500kHz~6000kHz		
短波		50m~10m	6MHz~30MHz	天波	
微波	米波 (VHF)	10m~1m	30MHz~300MHz	近似直线传播	调频无线电广播 电视导航
	分米波 (UHF)	1m~0.1m	300MHz~3000MHz	直线传播	电视 雷达 导航
	厘米波	10cm~1cm	3000MHz~30000MHz		
	毫米波	10mm~1mm	30000MHz~300000MHz		

要有效地向外发射电磁波，振荡电路必须具有两个特点：

- (1) 要有足够高的振荡频率，理论研究表明，振动电路向外辐射能量的本领，即单位时间内辐射出去的能量，与频率的四次方成正比，频率越高，发射电磁波的本领越大。
- (2) 振荡电路的电场和磁场，必须分散到尽可能大的空间，才能有效地把电磁场的能量传播出去。

无线电波是由开放电路发射出去的。

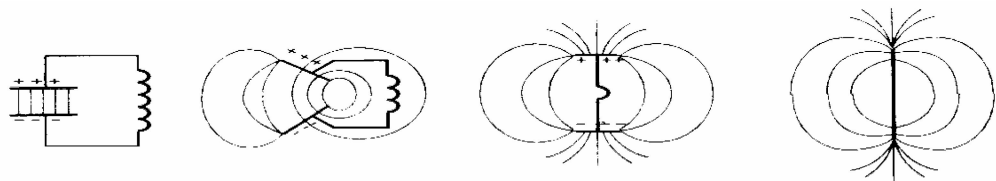


图2-2

在实际应用中常把开放电路的下端跟地连接。跟地连接的导线叫做地线。线圈上部接到比较高的导线上，这条导线叫做天线。天线和地线形成了一个敞开的电容器，电磁波就是由这样的开放电路发射出去的。电视发射塔要建得很高，是为了使电磁波发射得较远。实际发射无线电波的装置中还需在开放电路旁加一个振荡器电路与之耦合，如图所示：

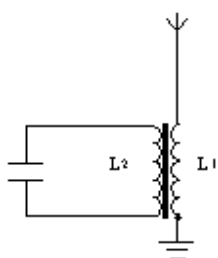


图2-3

振荡器电路产生的高频率振荡电流通过 L_2 与 L_1 的互感作用，使 L_1 也产生同频率的振荡电流，振荡电流在开放电路中激发出无线电波，向四周发射。

调制：调幅与调频

发射电磁波是为了利用它传递某种信号。例如无线电报传递的是电码符号，无线电广播传递的是声音，电视广播传递的不仅有声音，还有图像。这就要求发射的电磁波随信号而改变。

在电磁波发射技术中，如果把这种电信号“加”到高频等幅振荡电流上，那么，载有信号的高频振荡电流产生的电磁波就载着要传送的信号一起发射出去。把要传递的信号“加”到高频等幅振荡电流上，使电磁波随各种信号而改变叫做调制。

进行调制的装置叫做调制器。要传递的电信号叫做调制信号。

使高频振荡电流的振幅随调制信号而改变叫做调幅，调幅广播(AM)一般使用中波和短波波段。

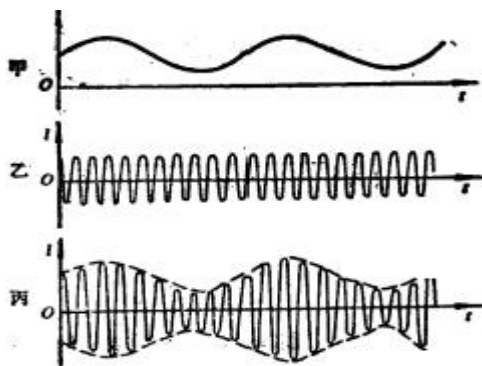


图2-4

使高频振荡电流的频率随调制信号而改变叫做调频，调频广播(FM)和电视广播都采用调频的方法来调制，通常使用微波中的甚高频(VHF)和超高频(UHF)波段。

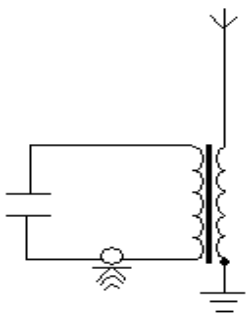


图2-5

接在振荡器和线圈之间的话筒就是一个最简单的调制器，由声源发出的声音振动使话筒里的碳粒发生时松时紧的变化，它的电阻也发生时大时小的变化。所以，虽然振荡器产生的是高频等幅振荡电流，但是线圈通过的却是随声音而改变的高频调幅流。由于线圈的互感作用。从开放电路中发射的也是这种高频调幅电流。这种电磁波叫调幅波。

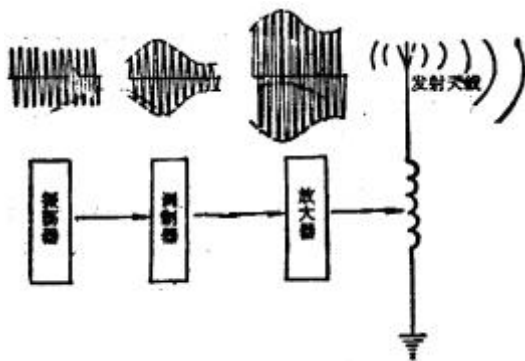


图 2-6

3 无线电波的接收

处在电磁波传播空间中的导体，会产生感应电流，导体中感应电流的频率与激起它的电磁波频率相同，因此，利用放在电磁波传播空间中的导体，就可以接收到电磁波。在无线电技术中，用天线和地线组成的接收电路来接收电磁波。

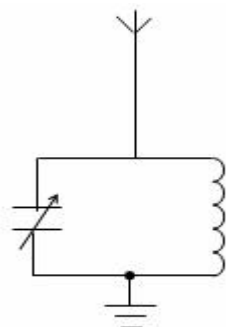
电谐振

世界上有许许多多的无线电台、电视台以及各种无线电通讯设备，它们不断地向空中发射不同频率的电磁波，这些电磁波强弱不等地弥漫在我们周围。如果不加选择地把它们都接收下来，那必然是信号一片混乱，分辨不清，达不到我们传递信息的目的。所以，接收电磁波时，首先要从诸多的电磁波中把我们需要的选出来，通常叫做选台。这就要设法使我们需要的电磁波在接收天线中激起的感应电流最强。在无线电技术里，是

利用电谐振来达到这个目的。当接收电路的固有频率跟接收到的电磁波的频率相同时，接收电路中产生的振荡电流最强。这种现象叫做电谐振，相当于机械振动中的共振。

调谐

接收电路产生电谐振的过程叫做调谐，能够调谐的接收电路叫做调谐电路。图2-7是收音机的调谐电路。



调节可变电容器的电容来改变调谐电路的频率，使它跟要接收的电台发出的电磁波的频率相同，这个频率的电磁波在调谐电路里激起较强的感应电流，这样就选出了这个电台。

4 超外差式收音机的组成及工作原理

超外差式收音机是将接收到的不同频率的高频信号全部变成一个固定的中频信号进行放大，因而电路对各种电台信号的放大量基本是相同的，这样可以使中放电路具有优良的频率特性。虽然超外差式收音机的电路比直放式收音机复杂，但其选择性好，灵敏度高。

1. 超外差式调幅收音机

我国调幅广播频率范围为：中波是 525~1605kHz；短波是 1.6~26MHz。接收调幅广播的超外差式收音机主要由输入电路、变频电路、中频放大电路、检波电路、音频放大电路及电源路等部分组成，如图所示。

(1) 工作方框图

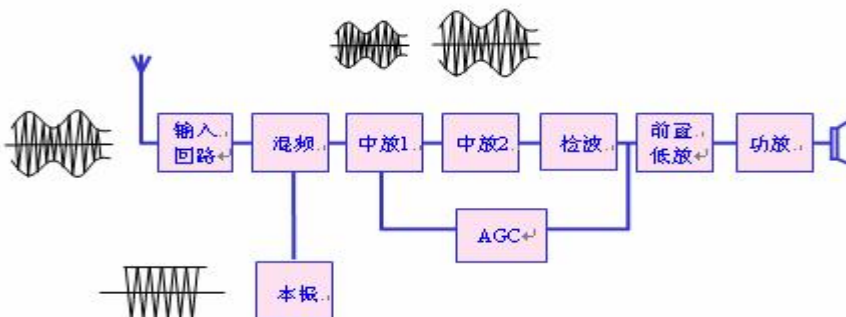


图 2-8

(2)工作原理

当调幅信号感应到 B1 及 C1 组成的天线调谐回路, 选出我们所需的电信号 f_1 进入 V1 (9018H) 三极管基极; 本振信号调谐在高出 f_1 频率一个中频的 $f_2(f_1+465\text{KHz})$ 例: $f_1=700\text{KHz}$ 则 $f_2=700+465\text{KHz}=1165\text{KHz}$ 进入 V1 发射极, 由 V1 三极管进行变频, 通过 B3 选取出 465KHz 中频信号经 V2 和 V3 二级中频放大, 进入 V4 检波管, 检出音频信号经 V5(9014)低频放大和由 V6、V7 组成功率放大器进行功率放大, 推动扬声器发声。图中 D1、D2 (IN4148) 组成 $1.3\text{V}\pm 0.1\text{V}$ 稳压, 固定变频, 一中放、二中放、低放的基极电压, 稳定各级工作电流, 以保持灵敏度。由 V4(9018)三极管 PN 结用作检波。R1、R4、R6、R10 分别为 V1、V2、V3、V5 的工作点调整电阻, R11 为 V6、V7 功放级的工作点调整电阻, R8 为中放的 AGC 电阻, B3、B4、B5 为中周 (内置谐振电容), 既是放大器的交流负载又是中频选频器, 该机的灵敏度, 选择性等指标靠中频放大器保证。B6、B7 为音频变压器, 起交流负载及阻抗匹配的作用。

(A) 输入电路: 又称输入调谐回路或选择电路, 其作用是从天线上接收到的各种高频信号中选择出所需要的电台信号并送到变频级。输入电路是收音机的大门, 它的灵敏度和选择性对整机的灵敏度和选择性都有重要影响。

(B) 变频电路: 又称变频器, 由本机振荡器和混频器组成, 其作用是将输入电路选出的信号 (载波频率为 f_s 的高频信号) 与本机振荡器产生的振荡信号 (频率为 f_r) 在混频器中进行混频, 结果得到一个固定频率 (465kHz) 的中频信号。这个过程称为“变频”, 它只是将信号的载波频率降低了, 而信号的调制特性并没有改变, 仍属于调幅波。由于混频管的非线性作用, f_s 与 f_r 在混频过程中, 产生的信号除原信号频率外, 还有二次谐波及两个频率的和频和差频分量。其中差频分量 (f_r-f_s) 就是我们需要的中频信号, 可以用谐振回路选择出来, 而将其它不需要的信号滤除掉。因为 465kHz 中频信号的频率是固定的, 所以本机振荡信号的频率始终比接收到的外来信号频率高出 465kHz, 这也是“超外差”得名的原因。

(C) 中频放大电路: 又叫中频放大器, 其作用是将变频级送来的中频信号进行放大, 一般采用变压器耦合的多级放大器。中频放大器是超外差式收音机的重要组成部分, 直接影响着收音机的主要性能指标。质量好的中频放大器应有较高的增益, 足够的通频带和阻带 (使通频带以外的频率全部衰减), 以保证整机良好的灵敏度、选择性和频率响应特性。

(D) 检波和自动增益控制电路:

收音机接收的经过调制的高额振荡电流, 这种电流通过收音机的耳机或扬声器, 并不能使它们振动而发声, 为什么呢, 假定某一个半周期电流的作用是使振动片向某个方向运动, 下一个半周期电流就以几乎同样大的作用使振动片向反方向运动。高频电流的周期非常短, 半周期更短, 而振动片的惯性相当大, 所以在振动片还没有来得及在电流的作用下向某个方向运动的时候, 就立刻有一个几乎同样大的作用要使它向反方向运动, 结果振动片实际上不发生振动。要听到声音, 必须从高频振荡电流中“检”出声音信号, 使扬声器(或耳机)中的动片随声音信号振动。

从接收到的高频振荡电流中“检”出所携带的调制信号过程, 叫做检波。检波是调制的逆过程, 因此也叫解调。由于调制的方法不同, 检波的方法也不同。检波之后的信

号再经过放大、重现，我们就可以听到或看到了。

收音机中对调幅波的检波。

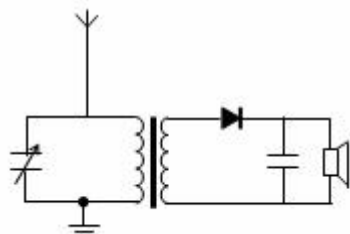


图 2-9

图 2-9 是晶体二极管的检波电路，是利用晶体二极管的单向导电性来进行检波的。调谐电路中产生的是经过调幅的高频振荡电流， L_1 和 L_2 绕在同一磁棒上，由于互感作用，在 L_2 上产生的是高频交变电压。由于二极管的单向导电性，通过它的是单向脉动电流，这个单向脉动电流既有高频成分，又有低频的声音信号，高频成分基本从电容器 C 通过，剩下的音频电流通过耳机发声。

实际上就是一个晶体二极管收音机的电路图。这种收音机声音很小，只能用开机收听本地电台。为了提高收音机的接收性能，需要用放大器把微弱的信号位大。由天线和调谐电路接收到的高频调幅电流，先通过放大器进行高频放大，然后进行检波和低频放大，放大后的音频电流输送到喇叭，使它们发出声音。

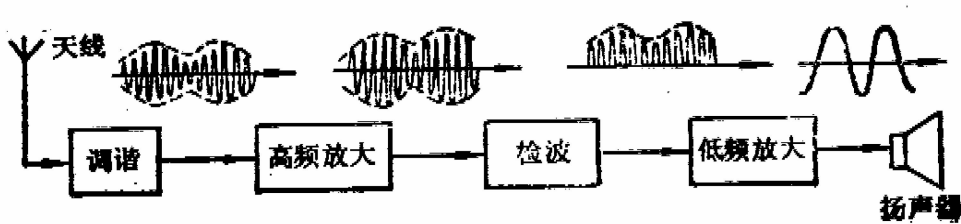


图 2-10

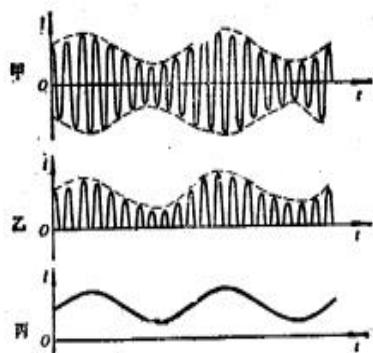


图 2-11

检波的作用是从中频调幅信号中取出音频信号，常利用二极管来实现。由于二极管的单向导电性，中频调幅信号通过检波二极管后将得到包含有多种频率成份的脉动电压，然后经过滤波电路滤除不要的成份，取出音频信号和直流分量。音频信号通过音量控制电位器送往音频放大器，而直流分量与信号强弱成正比，可将其反馈至中放级实现自动增益控制（简称 AGC）。收音机中设计 AGC 电路的目的是：接收弱信号时，使收音机的中放电路增益增高，而接收强信号时自动使其增益降低，从而使检波前的放大增益随输入信号的强弱变化而自动增减，以保持输出的相对稳定。

（E）音频放大电路：又叫音频放大器，它包括低频电压放大器和功率放大器。一般收音机中有一至两级低频电压放大。两级中的第一级称为前置低频放大器，第二级称为末级低频放大器。低频电压放大级应有足够的增益和频带宽度，同时要求其非线性失真和噪声都要小。功率放大器是用来对音频信号进行功率放大，用以推动扬声器还原声音，要求它的输出功率大，频率响应宽，效率高，而且非线性失真小。

收音机一般采用甲乙类推挽功率放大器，按照放大器与负载的耦合方式不同，具体来说有变压器耦合、电容耦合（OTL）、直接耦合（OCL）等几种型式的功率放大器。由于采用集成电路作为功率放大器具有体积小、功耗小、可靠性高、稳定性好、检修调试方便等优点，所以应用广泛。

第三章 收音机电路图的识读

1 电子技术文件简介

电子技术文件是根据国家标准制定出的“工程语言”，是电子技术工作的重要依据。但由于工作性质和要求不同，形成了专业制造和普通应用两类不同的应用领域。在专业制造领域，技术文件具有完备性、规范性、权威性和一致性，必须执行统一的标准，实行严格的管理，带有生产法规的效力。而普通应用领域则是除专业规模生产以外的所有应用电子技术的领域，如学生的电子设计、实验，业余电子科技活动，企业技术改造，单件、小批量作坊式的生产作业等。在这个领域内，技术文件的完备性、规范性、权威性大打折扣，与专业制造领域的技术文件差别很大。本节将二者结合在一起简要介绍常用的电子技术文件。

从总体上讲，电子技术文件可分为设计文件和工艺文件两大类。

1. 设计文件

设计文件是在产品研制过程中逐步形成的文字、图样及技术资料。它规定了产品的组织形式、结构尺寸、工作原理以及在制造、验收、使用和维护时必须的技术数据和说明。也是制定工艺文件、组织生产和产品使用维修的依据。

设计文件有多种分类方法：按表达的形式可分为图样、略图及文字和表格三种；按形成的过程可分为试制文件和生产文件两种；按绘制过程和使用特征可分为草图、原图、底图、复印图、电子图等。常用的设计文件有电路图、技术条件、技术说明书和使用说明书以及明细表等。

2. 工艺文件

工艺文件是根据设计文件，结合企业生产大纲、生产设备、生产布局和职工技能等实际情况制定出的指导工人操作和用于生产、工艺管理等技术文件。它是企业进行生产准备、原材料供应、计划管理、生产调度、劳动力调配、工模具管理、工艺管理、产品经济核算和质量控制的主要依据。

工艺文件可以分为工艺管理文件和工艺规程两大类。工艺管理文件是企业组织生产和控制工艺工作的技术文件，而工艺规程是规定产品或零件制造工艺过程和操作方法的工艺文件。每个产品都有配套的工艺文件，它随产品的复杂程度和生产特点不同而不同，常用的工艺文件包括工艺文件封面、工艺文件明细表、工艺流程图、导线及线扎加工表、装配工艺过程卡、工艺说明、外协件明细表、材料消耗工艺定额明细表和检验卡等。

由于本书篇幅限制，对各种工艺文件不作具体介绍，需要时可参考相关书籍和我国电子行业标准 SJ/T10320—92 中的有关规定。

2 电子电路图的分类

电子电路图是一种设计类技术文件，它可以帮助我们尽快弄清设备的工作原理，熟悉设备的结构，了解各种元器件、仪表的连接和安装等。电子电路图一般有电原理图、装配图、接线图和方框图等。

1. 电原理图

电原理图是按国家标准规定的图形符号和文字符号绘制的表示设备电气工作原理的

图样，包括整机电原理图和单元电原理图两种。电原理图反映了设备的电路结构、各元件或单元电路之间的相互关系和连接方式，并在图上给出了每个元件的基本参数和若干工作点的电压、电流值等数据，既是产品设计和性能分析的原始资料，也是绘制装配图和接线图的依据，同时还为检测和更换元件、快速查找和检修电路故障提供了极大的方便。图为 HX108 七管中波段袖珍收音机电原理图。

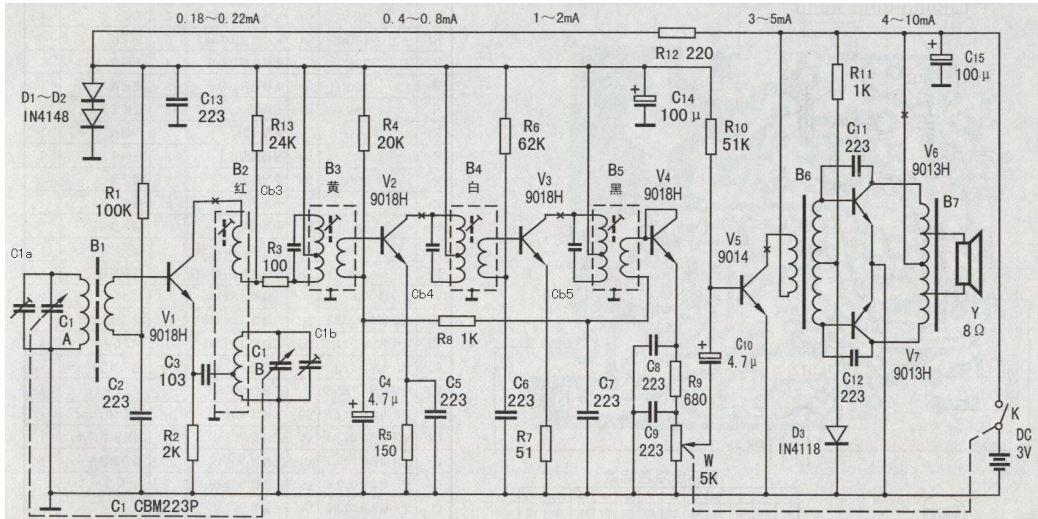


图 3-1

2. 装配图

装配图是按产品装配结构绘制的表示各零部件实际安装、布置和相互关系的图样，要求完整、清楚地表示出产品的组成部分及其结构总形状。装配图分为总装配图、结构

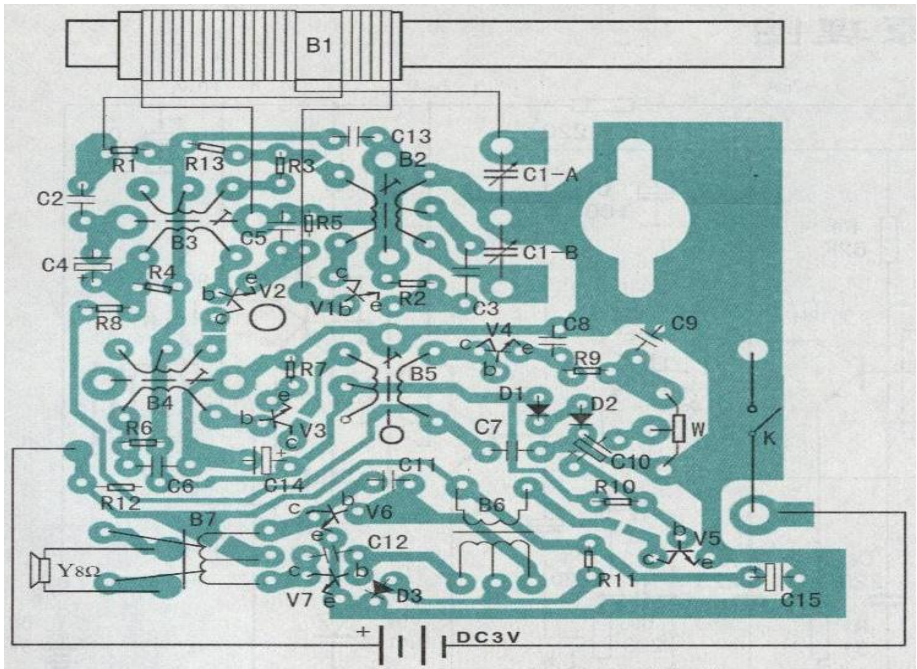


图 3-2

装配图及印制电路板装配图等。有些电子产品的元器件都是安装在印制板上的，印制电路板组件配上外壳即可构成整机，因此只需印制电路板装配图即可。印制电路板装配图有两类，一类是将印制导线按实绘出，并在相应位置上画出元器件；另一类是则不画出印制导线，只是将元件作为正面，画出元器件外形及位置，指导装配焊接。

3. 接线图

接线图是按照产品中元器件和接线点的实际位置关系而绘制的一种反映各部件、整件内部连线情况的略图，主要用于产品的接线、线路检查和线路维修。接线图中，一般需要标出项目的相对位置和代号、端子号、导线号、导线类型等内容。

在收音机随机提供的图纸中，常将印制电路板装配图和接线图合并绘制成一张安装图，供装配和检修使用，如图所示。

3 电原理图的识读方法

任何一个电子电路都是由若干个基本环节和典型电路组成的。为了快速而正确地阅读电原理图，应掌握基本的识读方法。

1. 对于一张电原理图，首先要找出电路的“头”和“尾”，在此基础上“割整为零”，弄清结构。所谓的“头”和“尾”是指整机电路的输入和输出部分。比如收音机电路的“头”是天线，一般画在电原理图的左侧，而它的“尾”则是功率放大器及扬声器，通常在图的最右侧。信号的流向是从“头”到“尾”。在分清“头”、“尾”的基础上，结合基本框图，理清其大致结构，比如收音机电路可以分为高频电路、中频电路和音频电路三大块。在每大块中又可分为若干更小的单元电路，比如中频电路又分为一中放、二中放和三中放三级放大电路，音频放大电路又可分为低频电压放大电路和功率放大电路。

2. 瞄准核心元件，简化单元电路。每个单元电路往往以晶体管或集成电路块为核心元件，要以核心元件为目标，去掉枝叶，保留骨干，对电路进行简化，以利阅读。例如要想知道本机振荡电路属于哪种类型的电路，可以将其滤波、退耦电路删去，并将某些阻容元件进行合并，这样就可以得到振荡电路的“骨干”，将此“骨干”型式与振荡电路的标准型式相比较即可得知振荡电路的类型。有时我们还需要由简再变到繁进行扩展延伸，即以晶体管或集成电路为核心的“骨干”形式的基础上再增加一些相关的电阻、电容和电感元件，就可以知道单元电路之间的关系。

3. 运用等效电路法进行深入分析。等效电路有直流等效电路和交流等效电路两种。在画直流等效电路时，可将电容器和反向偏置的二极管视为开路，从电路中去掉；而电感器、正向偏置的二极管和小量值的滤波、退耦、限流、隔离电阻可视为短路，用导线代替。同时电阻的串并联支路应尽量用一个等效电阻来代替。直流等效电路可以帮助读者掌握直流工作状态，并可计算出直流电压、电流等相关参数。绘制交流等效电路时，将交流耦合电容、旁路电容、退耦电容和电源以及正向导通的二极管视为交流短路，用短路线来代替；反向偏置处于截止的二极管可视为交流开路，将其从电路中去掉。同时还要尽量省略对分析影响不大的电阻、电容、保护二极管等附属性元件，能够合并的电感、电容尽量用等效元件来代替。可以利用交流等效电路来分析电路的某些动态特性。

4 晶体管收音机的各单元电路工作原理与电路识读

我们以 HX108 型中波收音机为例分析电路的工作原理，其电原理如图所示。

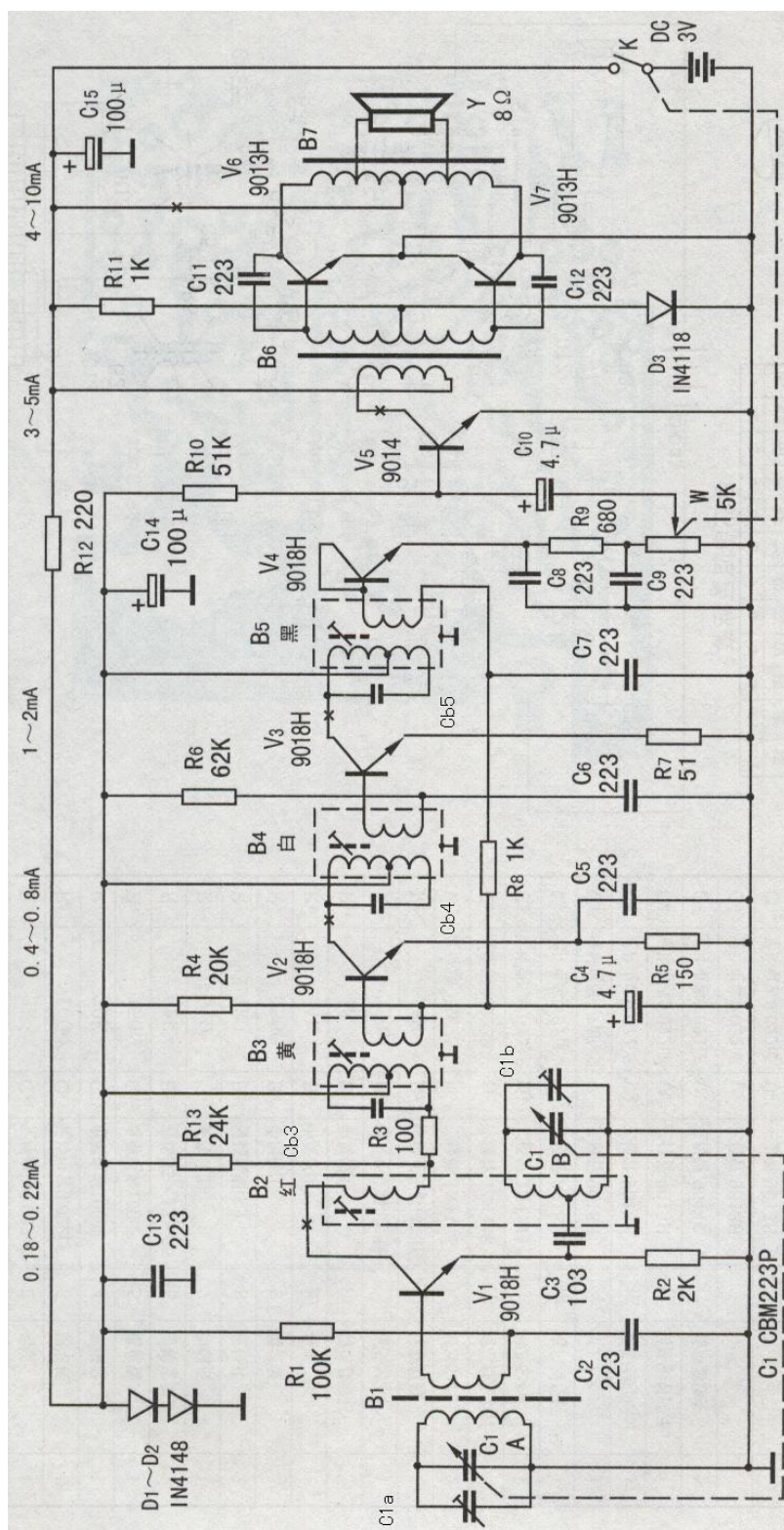


图 3-3

按照调幅收音机的方框图，将收音机的电路分为输入电路、变频电路、中频放大电路、检波器、音频放大电路及电源路等几部分。

1. 输入电路

由 C_{1a} 、 C_2 和 B_1 的初级线圈 L_1 组成。 B_1 为中波磁性天线，由磁性材料（磁棒）和初、次级线圈（ L_1 、 L_2 ）构成。磁棒的导磁率很高，能大量聚集空间电磁波的磁力线。 L_1 、 L_2 多采用多股漆包线绞合的纱包线绕制，一般 L_1 绕 60~80 圈， L_2 绕 5~10 圈。 C_{1A} 是双连可变电容器中的一连（调谐连），容量调整范围为 5~270pF。 C_{1a} 是补偿电容，调试时用作微调补偿，通常采用半可变微调电容器，容量调整范围一般为 2~25 pF。

C_{1A} 、 C_{1a} 、 L_1 组成并联谐振电路。当外来的某一电台信号与谐振电路的固有频率一致时，电路发生谐振，该频率的电台信号就会在 L_1 两端产生高电压而被选出，而其它频率的信号被衰减。选出的高频电台信号经 L_1 耦合给 L_2 ，加至变频管的基极。

当调节 C_{1A} 的电容量时，可以使谐振电路的频率从 525kHz~1605kHz 之间连续变化，从而选择不同的电台信号。

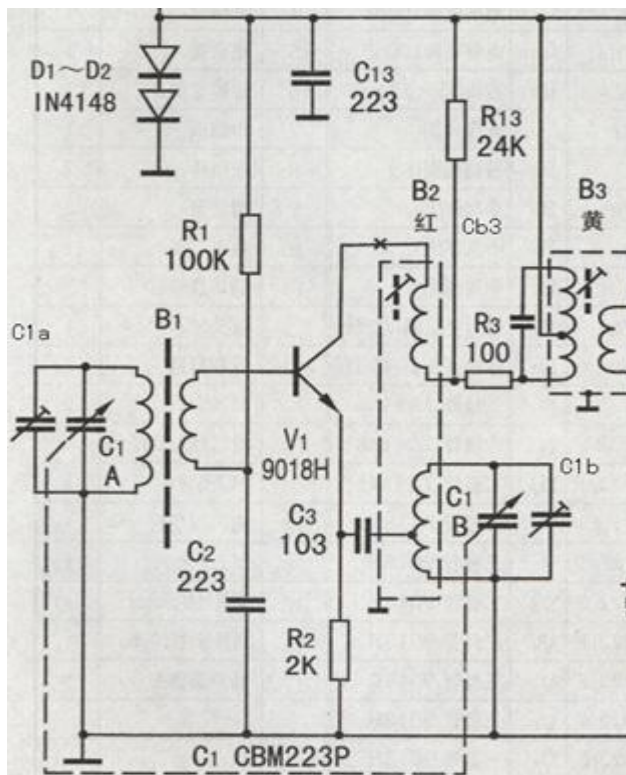


图 3-4

2. 变频电路

V_1 是变频管，同时担任本机振荡和混频任务。 R_1 、 R_2 、和 V_1 构成电流负反馈偏置电路。上偏置电阻 R_1 参考阻值为 100k Ω ，并标有“*”，用来调节三极管的工作电流，其具体阻值在调试时确定。

本机振荡电路由 C_{1B} 、 C_{1b} 、 C_3 、 B_2 和 V_1 组成，为自激式的共基调发射极振荡电路。 C_{1B} 是与 C_{1A} 同轴的双连电容器的振荡连， C_{1b} 是补偿电容，通常采用半可变微调电容器，

容量为 $7\sim 30\text{ pF}$ ， B_2 为振荡线圈，调节其磁芯，可以调节电感量，从而改变振荡器低端的振荡频率。 C_3 为振荡回路的耦合电容，也称振荡交连电容。

本机振荡器产生的等幅高频信号和经 B_1 耦合过来的外来电台信号均加至 V_1 的发射结，由于三极管的非线性作用，这两种信号混频的结果产生了多种新的频率成份。再由第一中频变压器 B_3 的初级线圈和槽路电容 C_{b3} 组成的中频滤波器选出其中的差频信号，就得到了我们所需要的 465kHz 的中频信号。此信号又经过 B_3 耦合至下一级进行中频放大。

此外，振荡交连电容 C_3 的容量必须选择恰当。如选得过小，易造成整机灵敏度低或本机振荡停振（特别低端停振）；如选得太大，易产生寄生振荡（特别是高端）。

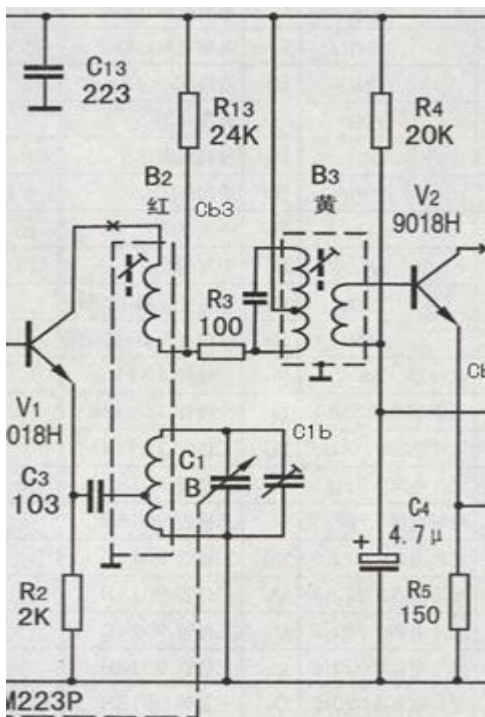


图 3-5

3. 中频放大电路

为保证足够的放大量，中频放大器一般由两级选频放大器组成。 V_2 是第一中放管， R_4 、 R_5 、 R_6 、 R_8 、 R_9 组成其电流负反馈偏置电路。一中放加有自动增益控制（简称 AGC），因此，偏置电流不宜过大，一般选在 $0.4\sim 0.8\text{mA}$ ，由上偏置电阻 R_4 调整。 V_3 是第二中放管，其基极偏置电压取自 V_2 的发射极。 C_5 是 V_2 的发射极旁路电容。

B_3 、 B_4 、 B_5 分别是第一、二、三中频变压器（又称中周），它们的初级分别与槽路电容 C_{b3} 、 C_{b4} 、 C_{b5} 构成调谐回路，谐振于 465kHz ，实现多次选频。对多级中频放大器而言，中频变压器还担负着级间耦合和实现阻抗匹配的任务。

从变频级送来的中频信号，由 B_3 耦合到 V_2 的基极，经 V_2 放大并选频后由 B_4 耦合至 V_3 的基极，再经 V_3 放大选频后由 B_5 耦合到检波极。

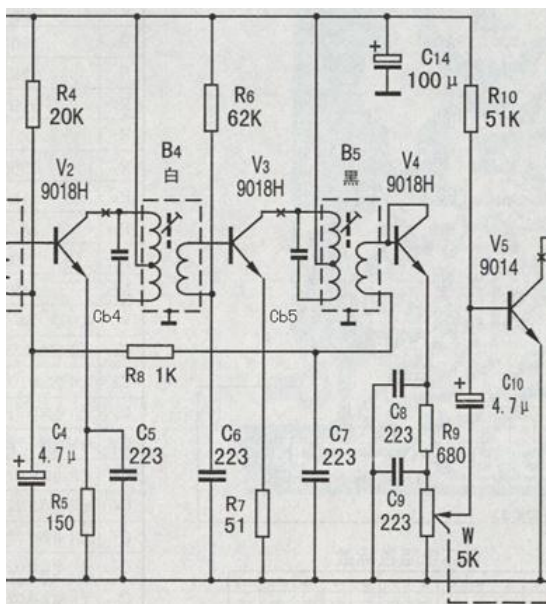


图 3-6

4. 检波电路与 AGC 电路

从 465kHz 的中频调幅信号中取出音频信号的过程，称为检波。检波电路有二极管检波和三极管检波两种，HX108 型收音机采用三极管检波。V4 是检波三极管。C7 为滤波电容，对中频信号的容抗小，而对音频信号呈现高容抗。R9 和 W 为检波的负载电阻，W 同时兼作音量电位器。

放大后的中频信号由中放末级中频变压器 B5 耦合加至检波三极管 V4，利用三极管的基极与发射极 PN 结单向导电性完成检波任务。检波后产生下列三种成份：中频及其谐波分量、音频分量及直流分量。中频及其谐波分量经滤波电容 C15 滤除，而音频分量经 R9、W 和隔直耦合电容 C7 送往音频放大器。直流分量与信号的强弱成正比，经 R8 送到一中放管 V2 的基极，实现 AGC 控制。R8 和 C4 还组成 RC 滤波网络，滤除中频及音频分量，防止中频及音频串入 V2 的基极引起中放自激。

AGC 控制原理如下：无信号输入时，V2 的静态基极电流由偏置电阻决定。当收音机收到信号时，检波得到的直流分量通过 R8 叠加在 V2 的基极，形成 AGC 控制电流，由于该电流与 V2 的静态基极电流方向相反，使得实际的基极电流减小。接收到的信号越强，AGC 控制电流越大，V2 的实际基极电流就越小，增益也越小。相反接收到的信号越弱，V2 的增益就越高。所以设置了 AGC 电路后，电路的增益能进行自动调节，从而使检波后得到的音频电压基本保持稳定。

5. 音频放大电路

该机的音频放大电路由一级电压放大器和一级功率放大器级成。V5 构成一级直接耦合电压放大器，并采用直流负反馈稳定静态工作点。改变 R11 可以调整 V6 和 V7 的直流工作点。B6 是输入倒相变压器，其初级直流电阻作为 V5 的集电极电阻，两组次级绕组匝数相同，绕向相反，并有中心抽头。C11 和 C12 分别为 V6 V7 的反馈电容，稳定工作点，改善音质。

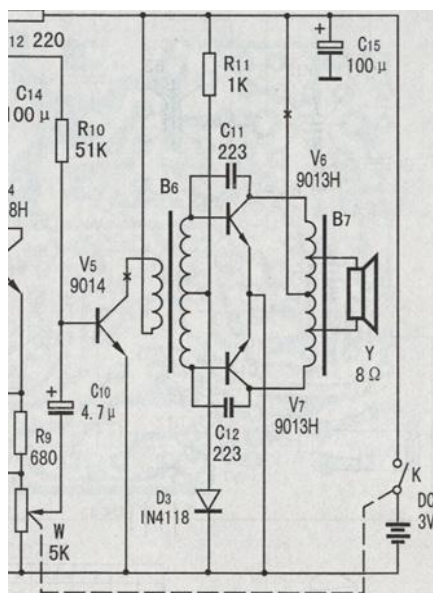


图 3-7

功放率放大电路采用输出变压器推挽功率放大器。 V_6 和 V_7 同为NPN型功放三极管，其参数一致， R_{11} 分别为 V_6 、 V_7 的基极偏置电阻，使推挽功放工作在乙类状态。经一级电压放大后的音频信号由 B_6 耦合后加至 V_6 和 V_7 的基极，在一个周期内，两只功放管交替导通，轮流工作。功率放大后的音频信号加到扬声器上，推动扬声器发出声音。

C_{13} 为旁路电容，有旁路二次谐波，改善音质的作用。 C_{14} 、 R_{12} 、 C_{15} 构成 π 型滤波网络，实现电源退耦，作用一是防止高、中频信号通过电源串入音频放大器造成干扰；二是防止电路工作电流变化所引起的电压波动干扰其它电路。

第四章 收音机的装配工艺

1 电子整机装配工艺概述

电子整机装配是将各种元器件、零部件及结构件，按照设计要求装接到规定的位置上，组成具有一定功能的电子产品的过程。整机装配是生产过程中的一个极其重要的环节，优良的装配工艺既是保证产品质量的前提，又是以最合理、最经济的方法实现产品性能指标的重要条件。

1. 整机装配的基本内容

电子整机装配包括机械装配和电气装配两大部分，具体内容有：单元的划分，元器件、线扎、零部件的加工处理，各种元器件的插装、焊接，零部件、组合件的装配及整机总装等。在电气装配上是以印制电路板为主体的电子元器件装插和焊接，在机械装配上是以组成整机的钣金件或塑料件为支撑，通过零件紧固或其他方法进行的由内到外的结构性装配。

装配工作通常是机械性的重复工作，但它又涉及安装技术、焊接技术、检验技术等多种技术成分。因此，要求装配工作人员必须经过岗前培训，具备良好的技术素质。

2. 整机装配的基本方法

根据组装原理，整机的组装方法主要有功能法、组件法和功能组件法三种，在组装时应根据其工作原理、结构特征采取合理的装配方法。

(1) 功能法 功能法是将电子设备具有某种相对独立功能的部分集中在一个完整的结构部件内，从而给生产和维修带来方便。但由于不同功能的部件有不同的结构外型、体积和尺寸，因而功能法会降低整个设备的组装密度。

(2) 组件法 组件法是为统一电气安装工作和提高安装密度而建立的一种组装方法。它将产品的部件制造成统一的外型尺寸和安装尺寸，并使功能和结构具有某些余量。根据实际需要，组件法又分为平面组件法和分层组件法两种。

(3) 功能组件法 功能组件法兼顾了功能法和组件法的特点，使制造出来的产品部件既具有完整的功能性，又具有规范化的结构尺寸。微型电路的发展，对安装密度及功能、结构余量提出了更高的要求，因而微型电路的结构设计应同时遵循功能原理和组件原理。

3. 整机装配的工艺过程

整机装配的工艺过程就是整机的装接工序安排，它是根据设计文件的要求，按照工艺文件的工艺规程，分工序进行，最后形成电子产品的过程。按照装配的先后顺序，整机装配工艺过程通常包括装配准备、部件装配和整机装配三个阶段。一般大批量的中小型电子产品是流水线上进行装配的，通常的装配工艺过程如图所示。

流水线生产就是按产品的工艺先后次序排列工作地，使加工对象按一定的速度（节奏或节拍）和方向，顺次通过各工作地，从而形成连续不断地进行加工和出产的一种先进的生产组织形式。自动流水线通常由传送部分、控制部分和工艺装置组成，其传送方式有直线和圆环式两种。

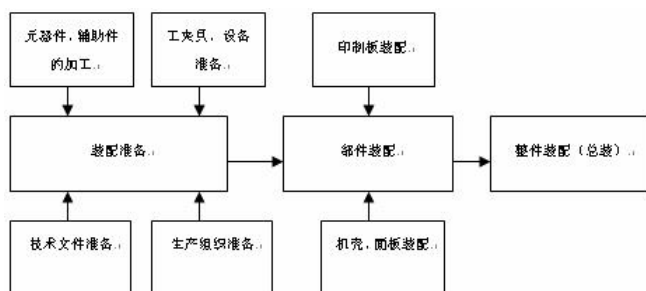


图 4-1

按照流水节拍的形式，流水线分为自由节拍和强制节拍两种形式。自由节拍形式是由操作者控制流水线的节拍，即操作者按规定完成工作任务后，将工件送到下一道工序，时间限制不是很严格。而强制节拍形式是严格规定了时间，操作者必须在规定时间内完成相应工序的工作，具有强制性。

电子整机装配工艺包括准备工艺、机械安装工艺、印制电路板装配工艺、布线工艺和总装工艺等。其中，准备工艺主要包括导线的加工工艺、浸锡工艺、元器件引脚加工工艺、线把的扎制及电缆的加工工艺以及组合件的加工工艺等；机械安装工艺主要包括螺装工艺、铆接工艺、粘接工艺、烫印工艺等。本节结合学校实训教学工作特点，重点学习和训练印制电路板装配工艺。

2 HX108 中波收音机的装配

1. HX108 型收音机的电路特点和主要性能

HX108 型收音机属于便携式七管中波段调幅袖珍式半导体超外差式收音机。采用 55mm 长磁棒，两级中频放大，具有良好的 AGC 控制特性。音频放大器采用一级变压器耦合低放和有输出变压器乙类推挽功放，并具有较深的负反馈，用以减小失真和改善音质。采用全硅管标准二级中放电路，用二只二极管正向压降稳压电路，稳定从变频、中频到低放的工作电压，不会因为电池电压降低而影响接收灵敏度，使收音机仍能正常工作，本机体积小，外观精致，便于携带。

技术指标：

频率范围：525~1605KHz

中频频率：465KHz

灵敏度： $\leq 2\text{mV/m}$ S/N 20dB

扬声器： $\Phi 57\text{mm}$ 8Ω

输出功率：50mW

电 源：3V（2 节 5 号电池）

2. 安装前的准备工作

（1）器材及工具仪表准备

HX108 收音机全套散件（包括电原理图和印制电路板安装图），常用装接工具一套，万用电表、晶体管图示仪、直流稳压电源（或二节 1.5V 干电池）各一台，其他辅助材料若干。

(2) 制作和填写元件明细表

对照电原理图，将所有元器件进行清点，并逐一分类，填写元件明细表。元件明细表主要包括元件类别、元件名称、型号规格、作用、实测参数和备注等栏目，如表所示。“类别”栏是将元器件进行分类，如三极管、电阻器、电容器、中频变压器等；“备注”栏主要用于记录实际元器件的差异情况和安装时的代用情况。根据需要指导学生编制装配工艺文件和调试工艺文件。

表 4-1

类 别	元件代号	型号规格	参 数	作 用	备 注

(3) 元器件的测试

为了保证装配质量，要对照原理图，对所有元器件进行检测、筛选，并将实测结果记入元件明细表。对于性能差或已损坏的元器件要予以更换。为便于代换，现将 HX108 收音机各晶体管主要参数和可代换型号列于表 4-2。

表 4-2

晶体管名称	变频管 V_1	中放管 V_2 、 V_3	低放管 V_5	功放管 V_6 、 V_7
基本参数要求	f_T 为本振频率的 3~5 倍； β 为 97~146，集电结电容、高频噪声系数尽量小； I_{CEO} 小于 $10\mu A$ 。	一中放管 V_2 增益不能太高，取 β 为 97~146；二中放管 V_3 可取 β 为 40~80。	V_5 选用低噪声管， β 为 4000~60；	I_{CEO} 小于 $1000\mu A$ ， P_{CM} 为实际输出功率的 2 倍， β 为 144~202；两只管子的参数尽量接近。
可代换型号	9011G 3DG201 等	9011G 3DG201 等	9014D 等	8050C 等

用万用表初步检测元器件好坏，见表 4-3

类别	测量内容	万用表量程
电阻R	电阻值	$\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1K$
电容C	电容绝缘电阻	$\times 10K$
三极管 hfe	晶体管放大倍数 9018H (97-146) 9014C (200-600)、9013H (144-202)	hfe
二极管	正、反向电阻	$\times 1K$
中周		$\times 1$
输入变压器 (兰色)		$\times 1$
输出变压器 (红色)		$\times 1$

(4) 元器件的加工

①印制电路板的处理：套件中的印制板往往氧化比较严重，插装前要用细砂纸砂磨去掉氧化层，再均匀涂上一层酒精松香液。

②元器件引线处理：对元器件的引线进行清洁、搪锡、成形。对天线线圈线头处理时应去掉纱包层和导线上的绝缘层。

将所有元器件引脚上的漆膜、氧化膜清除干净，然后进行搪锡（如元件引脚未氧化则省去此项），根据图示 1、2 要求，将电阻、二极管弯脚。

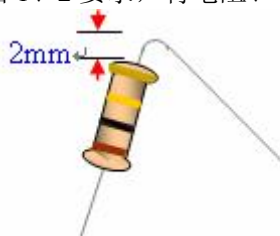


图 4-2

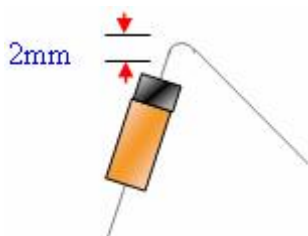


图 4-3

③所用导线的加工：该机所用导线较少，可在装配过程中根据需要加工导线。

④组合件准备

将电位器拔盘装在 K4-5K 电位器上，用 M1.7×4 螺钉固定。

将磁棒按图 3 套入天线线圈及磁棒支架。

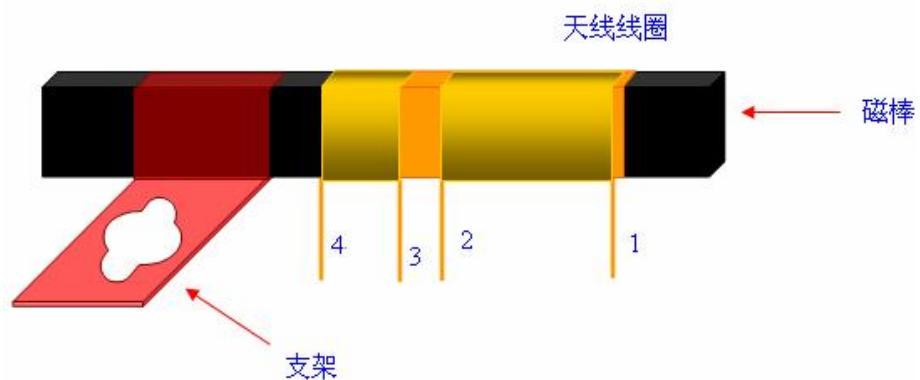


图 4-4

3. 印制电路板的装配

根据插装工艺和焊接工艺要求进行插装和焊接。为了达到训练效果，减少差错率，每个元件的安装均可按复测元器件——引线清洁、上锡、成形——插装——焊接——修剪引脚——整形的步骤来完成，已安装的元件要在电原理图或元件明细表中予以注明。

安装顺序按照“先小后大，先低后高，先轻后重，先易后难，先一般元件后特殊元件”的原则，先安装电阻、电容和晶体管元件，再安装中频变压器、输入变压器，最后安装天线。印制电路板装配完毕还应对照电路图检查有无漏装和错装，并进行整形，使元器件排列整齐、美观。

同学们在装配中对以下几方面要引起重视：

(1) 焊接：

装配工作中，焊接技术很重要。收音机元件的安装，主要利用锡焊，它不但能固定零件，而且能保证可靠的电流通路，焊接质量的好坏，将直接影响收音机质量。

1、烙铁是焊接的主要工具之一，焊接收音机应选用 30W-35W 电烙铁。新烙铁使用前应用锉刀把烙铁头两边修改成如（图 4-5）所示形状。并将烙铁头部倒角磨光，以防焊接时毛刺将印刷电路板焊盘损坏。如采用长命烙铁头（图 4-6）则无须加工。烙铁头上沾附一层光亮的锡，烙铁就可以使用了。

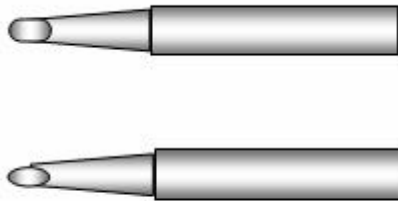


图 4-5



长命烙铁头

图 4-6

2、烙铁温度和焊接时间要适当

焊接时应让烙铁头加热到温度高于焊锡熔点，并掌握正确的焊接时间。一般不超过 3 秒

钟。时间过长会使印刷电路板铜铂翘起，损坏电路板及电子元器件。

3、焊接方法

一般采用直径 1.2-1.5mm 的焊锡。焊接时左手拿锡丝，右后拿烙铁。在烙铁接触焊点的同时送上焊锡，焊锡的量要适量。太多易引起搭焊短路，太少元件又不牢固。(图 4-7)

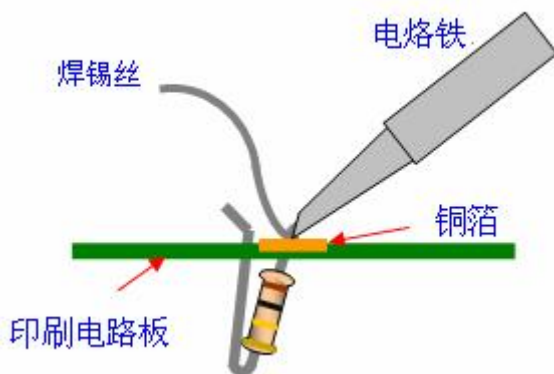


图 4-7

焊接时不可将烙铁头在焊点上来回移动或用力下压，要想焊得快，应加大烙铁和焊点的接触面。增大传热面积焊接也快。

特别需要注意的是温度过低烙铁与焊接点接触时间太短，热量供应不足，焊点锡面不光滑，结晶粗脆，象豆腐渣一样，那就不牢固，形成虚焊和假焊。反之焊锡易流散，使焊点锡量不足，也容易不牢，还可能出现烫坏电子元件及印刷电路板。总之焊锡量要适中，即将焊点零件脚全部浸没，其轮廓又隐约可见。(图 4-8)



图 4-8

焊点焊好后，拿开烙铁，焊锡还不会立即凝固，应稍停片刻等焊锡凝固，如未凝固前移动焊接件，焊锡会凝成砂状，造成附着不牢固而引起假焊。

焊接结束后，首先检查一下有没有漏焊，搭焊及虚焊等现象。虚焊是比较难以发现的毛病。造成虚焊的因素很多，检查时可用尖头钳或镊子将每个元件轻轻的拉一下，看看是否摇动，发现摇动应重新焊接。

(2)插件焊接

1、按照装配图正确插入元件，其高低、极向应符合图纸规定。

2、焊点要光滑，大小最好不要超出焊盘，不能有虚焊、搭焊、漏焊。

注意：二极管、三极管的极性。如图 4-9

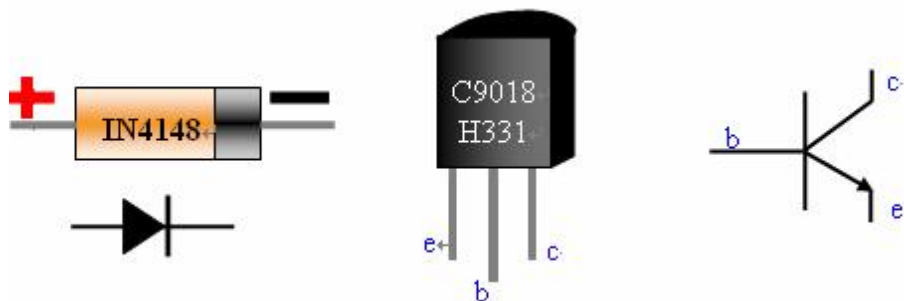


图 4-9

- 3、输入（绿、兰色），输出（黄色）变压器不能调换位置。
- 4、红中周 B2 插件外壳应弯脚焊牢，否则会造成卡调谐盘。
- 5、中周外壳均应用锡焊牢，特别是 B3 黄中周外壳一定要焊牢。

元件焊接步骤

- 1、电阻、二极管
- 2、元片电容
- 3、晶体三极管
- 4、中周、输入输出变压器
- 5、电位器、电解电容
- 6、双联、天线线圈
- 7、电池夹引线、喇叭引线

特别提示：

每次焊接完一部分无了件，均应检查一遍焊接质量及是否有错焊、漏焊，发现问题及时纠正。这样可保证焊接收音机的一次成功而进入下道工序。

装大件

- 1、将双联 CBM-223P 安装在印刷电路板正面，将天线组合件上的支架入在印刷电路板反面双联上，然后用 2 只 M2.5×5 螺钉固定，并将双联引脚超出电路板部分，弯脚后焊牢，并剪去多余部分。

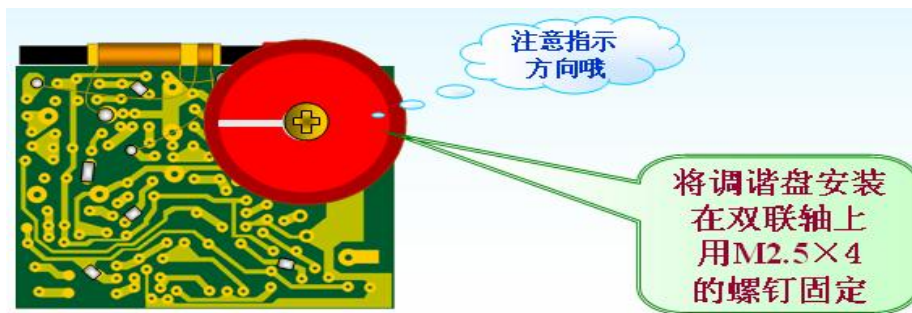


图 4-10

2、天线线圈

<1>焊接于双联 CA-1 端

<2>焊接于双联中点地

<3>焊接于 V1 基极(b)

<4>焊接于 R1,C2 公共点

将电位器组合件焊接在电路板指定位置。

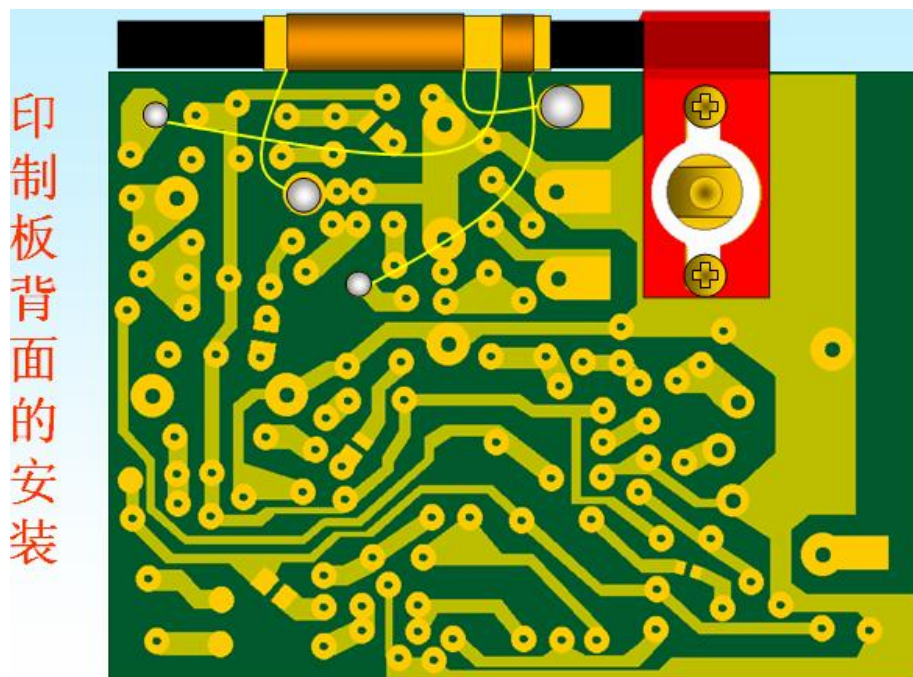


图 4-11

开口检查与试听

收音机装配焊接完成后，请检查元件有无装错位置，焊点有否脱焊、虚焊、漏焊。所焊元件有无短路或损坏。发现问题要及时修理，更正。用万用表进行整机工作点，工作电流测量，如果检查都满足要求，即可进行收台试听。

$I_{c1}=0.18-0.22\text{mA}$

$I_{c2}=0.4-0.8\text{mA}$

$I_{c3}=1-2\text{mA}$

$I_{c5}=2-5\text{mA}$

$I_{c6, 7}=4-10\text{mA}$

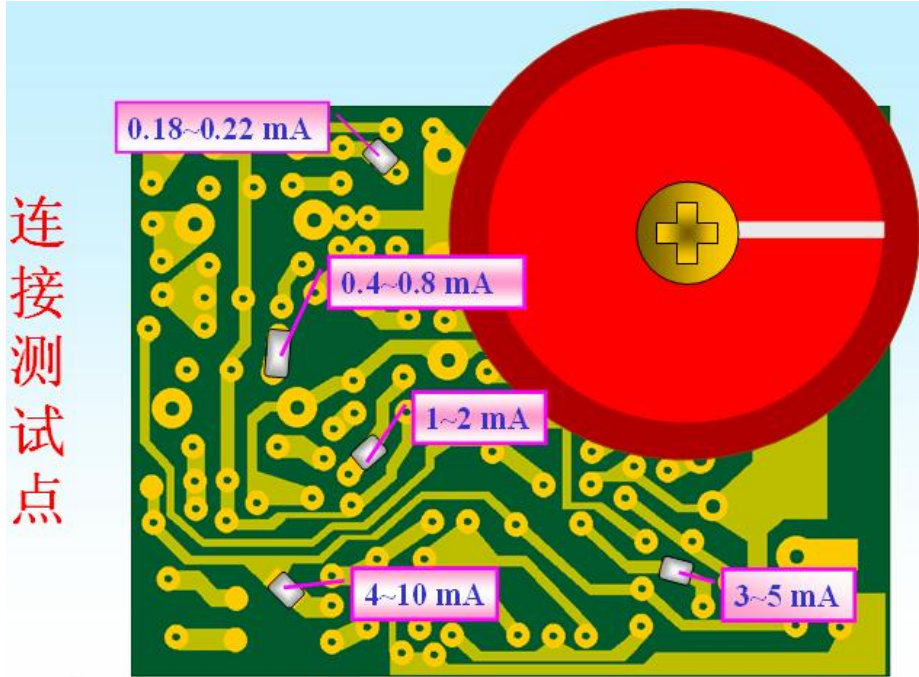


图 4-12

4. 整机装配

该机的整机结构比较简单，主要零部件有机芯（印制电路板）、调谐盘、扬声器、电池正负极引片、前后机壳及装饰板等。将扬声器、电源引片、调谐盘按指定位置装好后，再将机芯用螺钉安装在机壳上，最后按照接线图连接相关导线。

前框准备

1 将负极弹簧，正极片安装在塑壳上。如图 4-13，焊好连接点及黑色，红色引线。

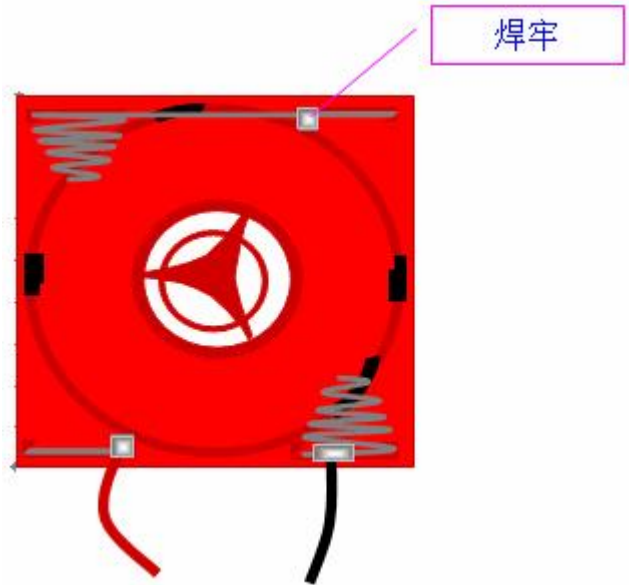


图 4-13

2 将周率板反面双面胶保护纸去掉，然后帖于前框，注意要贴装到位，并撕去周率板正面保护膜。



图 4-14

3 将 YD57 喇叭安装于前框，用一字小螺丝批靠带钩固定脚左侧，种用突出的喇叭定位圆弧的内侧为支点，将其导入带钩压脚，再用烙热铆三只固定脚。



图 4-15

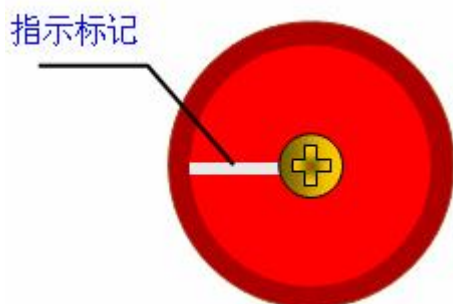


图 4-16

- 1、将拎带套在前框内。

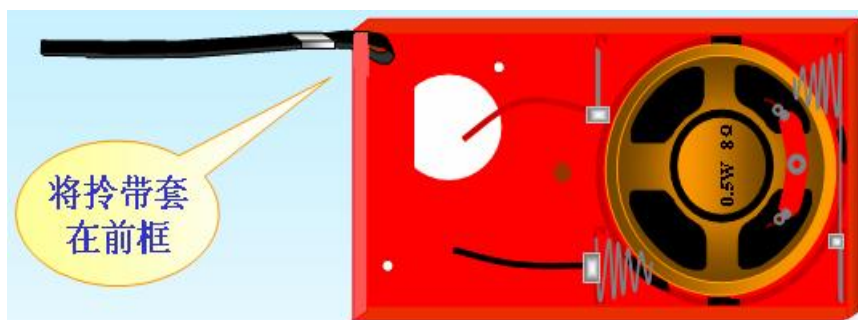


图 4-17

- 2、将调节器谐盘装在双联轴上，用 M2.5×4 螺钉固定，注意调谐盘指示方向。
- 3、按图纸要求分别将二根白色或黄色导线焊接在喇叭与线路板上。
- 4、按图纸要求将正极（红）负极（黑）电源分别焊在线路板的指定位置。
- 5、将组装完毕的机芯照图 4-18 装入前框，一定要到位。

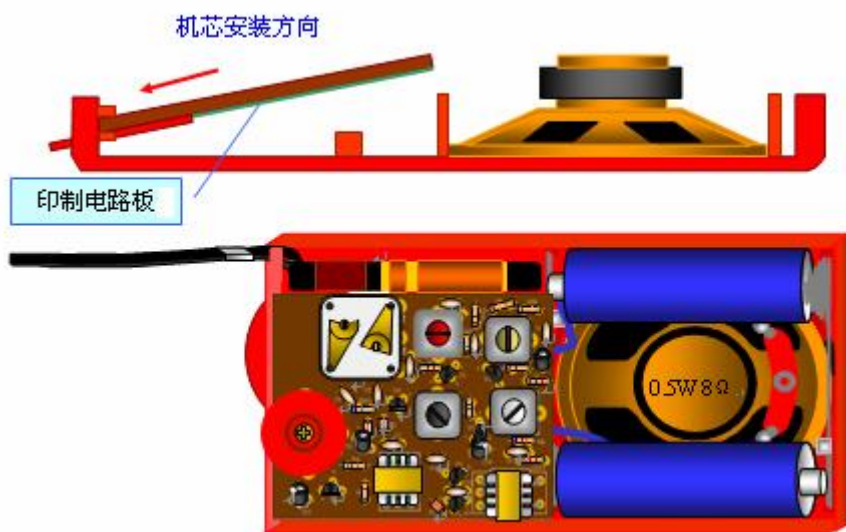


图 4-18

第五章 收音机的检修

电子产品种类繁多，故障也是错综复杂，但其电路原理的分析方法、检修程序及检修措施都具有一定的通用性。因此，掌握收音机故障的分析、判断和修理方法，是安装、调试和维修电子设备的基础。

1 收音机的检修程序

接修收音机时，一般可以按“问、听、看、修”的四个步骤进行。

一问：就是向用户了解收音机故障前的情况、故障时的现象等，比如电池的使时间、故障现象是经常性的还是偶尔发生、故障前是否摔跌或碰撞、是否曾修理过、故障后的具体现象是什么等。

二听：就是按用户提供的情况通电试听，看是否与所说相符。试听往往可以对明显的故障作出判断，比如电位器接触不良、双连电容碰片等。也可以大致确定故障类型，为制定维修方案提供参考。

三看：就是根据用户介绍的故障现象、故障特征和试听的结果，观察与产生故障有关的部位。有些故障是可以通过表面观察检查出来的，比如电池夹锈蚀、导线断裂或脱落、调谐机构失灵等。

四修：借助于仪器、仪表进行检查、测量、分析、判断，找出故障点，确定维修方案并实施维修。

2 收音机的检修方法

在维修实践中，收音机有很多有效的检修方法，在检修时应本着先表面，后内部；先电源，后电路；先低频，后高频；先电压，后电流，先调试后替代的原则灵活运用这些检修方法。

1、直观检查法

直观检查法是在不使用仪器的情况下，通视觉、听觉、嗅觉及经验检查收音机。这种方法虽然简单，但对许多故障的检修往往很有效。

比如检查电池是否用完（电池变软或硬化）、电池是否流出粘液，电池正负极引片是否生锈；电路连接线、磁性天线线圈是否脱焊、断线，磁棒是否断裂；轻轻拔弄元件，看看有无松动、假焊、断脚、烧焦或相碰短路；印刷板铜箔有无断裂；调谐机构的拉线是否有毛头、绞线、打滑，指针是否翘起、卡住等；扬声器是否完好等。

2、干扰检查法

干扰检查法是一种既简单又实用的信号注入法。因为收音机由多级放大电路组成，如果某级出现故障一般不会影响其他各级电路的工作。因此，可以手握镊子或小起子金属部分，由后级向前级逐级触碰各级三极管的基极和集电极（注入人体感应信号），如果碰触点以后的部分正常，则扬声器会发出“咯、咯”响声，越往前级，响声越大。如果触碰到某级后声音反而减小或无声，则故障可能就在该级。

为了增强干扰信号的强度，也可以用万用表的 $R \times 10$ 档来进行，将一支表棒接地，另一表棒去触碰各级测点。

使用干扰法时，注意区分不同频率电路的响声区别，比如音频部分的各级电路和中

频部分的各级电路在注入干扰信号时扬声器的声响强度可能就不同。

3. 信号注入检查法

信号注入检查法的基本操作与干扰检查法相同，只它是利用信号发生器输出的信号作为检测信号源，收音机各三极管的基极和集电极为信号注入点（测试点），如果电路正常，扬声器应发出“嘟、嘟”声音。

采用信号注入检查法时应当根据信号注入点的不同来选择不问频率的检测信号。在变频级以前要用高频信号（一般为 500kHz~1700 kHz 已调信号）；在变频级与检波级之间的中频电路，应注入 465kHz 的中频信号；在检波级以后至扬声器之间应注入低频信号（多为 400kHz 或 1000kHz）。使用时将信号发生器的地线与收音机的地线相连，为了避免信号发生器对被测电路直流工作点的影响，可在信号发生器的信号输出端串接一只隔直电容。至于隔直电容的容量，中频及高频部分选用 0.01~0.1μF、低频部分选用 1μF 以上的电容就可以了。

4. 电压测量检查法

电压测量检查法是利用万表直流电压档测量电路各关键点电压，并将被测电压与正常值进行比较而分析判断故障的快捷方法。

首先测量电源电压，判断电源电压是否正常。在电源电压正常的情况下，测量三极管的各极电压，可判断三极管的工作状态，如果与应有的工作状不符，则可检查三极管本身和其偏置电路；测量集成电路各脚电压，与图纸标注电压比较，如果不符，应先检查其外围电路，再考虑是集成块本身的问题。

5. 电流测量检查法

如果收音机的直流通路出现故障，就会造成某一级或几级静态电流的变化。测量各级静态电流也可以判断放大电路工作是否正常。测量集电极电流时，需要在印制电路板上制作相应的开口，以串入电流表进行测量。直接测量集电极电流比较麻烦，如果发射极上串有电阻，也可以通过测量发射极电阻上的压降来估算集电极电流。

6. 电阻测量检查法

收音机的许多故障需要通过元器件的阻值来判断，如：判断电容容量是否改变、是否漏电；变压器的初次级之间是否漏电、电阻值是否改变等。测量时应当把元件从印制板上拆下或焊下一端，但对某些电阻比较小的元器件可以在断开电源的情况下进行在线测量，比如中周的初次级、振荡线圈、天线线圈等是否断路，晶体管是否损坏，电容是否击穿，电路的焊点是否短路和断裂等。

有时还可以对整机电阻测量，以此来判断故障的大致部位。其方法是：取下收音机的电池，将用万用表置 $R \times 100 \Omega$ 档，红表棒接收音机电源的负极引片，黑表棒接正极引片，打开电源开关，测出的整机电阻叫正向电阻，而交换两支表棒再测整机反向电阻。如果正反向电阻都很小接近于 0，则电路存在严重短路故障；如果正反向电阻都为无穷大，则电路存在严重断路故障；如正反向电阻一大一小，可以与完好的同型收音机正反向电阻进行比较判断。

7. 短路检查法

短路检查法是将某级放大电路人为制造短路来检查故障的方法。此法对查找收音机哨叫、汽船、杂音及噪声大等故障较为有效。检修时用镊子或一根短导线将各级集电极负载和基极输入短接，使该级无信号输入或无信号输出情况下观察故障是否消失。如果故障现象消失，则故障出在短点以前；如果现象依旧，则故障出在短路点以后。

例如：HX108 型收音机出现噪声很大，影响收听。可先将音量电位器的滑动端对地短路，使低放和功放无信号输入。如果噪声仍然很大，则故障在低放以后，继续查找。如果噪声消失，则故障在电位器以前的部分。此时可以再短接第一中周的次级，如果噪声仍然很大，说明故障出至在一中放（含一中放）和电位器之间的中放电路，可能是某级中和电容损坏或中放管穿透电流太大引起的。就这样继续逐级短路检查，最终找到故意点。

短路天线线圈的初级可以判断收音的杂音是本机故障引起的还是外界干扰引起的。如果短路后，杂声音消失，则杂音是外界干扰造成的；如果杂音仍旧，说明是收音机本身故障引起的。

8. 断路检查法

断路检查法又称割断检查法，是在印制电路板上将某级电路的输入或输入连接铜箔进行割断，使电路互为独立，从而缩小故障查找范围。根据需要，割断法可以用于查找短路故障，噪声、自激故障，以及测量电流和元器件的阻值等。

9. 替代检查法

如果收音机各级静态工作电流都正常，则故障可能发生在交流通道。而且交流通道除晶体管外，多数都是电容器、电感元件。怀疑这些元件损坏时，一般都要从电路板上焊下来检测。对有些不便检测的元器件（如小容量电容是否断路或失效、线圈是否短路等）可用同型号的元器件替代试之，如果故障排除，则说明原来的元件损坏。由于三极管损坏、电容器漏电或短路、电感器断路一般会影直流工作点，所以在测量工作点时就会发现。对电容器，可以直接在印制板上并联相同的电容，就可以判断原来的电容器是否失效或断路，而不必拆下原电容器检测。

3 收音机检修实例

收音机的故障较多，造成这些故障的原因也较为复杂，但收音机维修方面的书籍也比较多。现结合 HX108 组装收音机，举例说明收音机检修方法的运用。

实习组装调整中易出现的问题

(1)变频部分

判断变频级是否起振，用 MF47 型万用表直流 2.5V 档正表棒接 V1 发射级，负表棒接地，然后用手摸双联振荡（即连接 B2 端），万用表指针应向左摆动，说明电路工作正常，否则说明电路中有故障。变频级工作电流不宜太大，否则噪声大。红色振荡红圈外壳两脚均应折弯焊牢，以防调谐盘卡盘。

(2)中频部分

中频变压器序号位置搞错，结果是灵敏度和选择性降低，有时有自激。

(3)低频部分

输入、输出位置搞错，虽然工作电流正常，但音量很低，V6、V7 集电极（c）和发射极（e）搞错，工作电流调不上，音量极低。

1. 完全无声音

这类故障比较多，在组装机中更为常见。对接修的收音机，首先要进行直观检查，特别是检查电源电压是否正常、导线有断脱等。组装机还要检查元器件有无错装、漏装，

有无虚焊、印制电路板有无焊锡短路等。如果直观检查没有发现故障点，可用万用表测量整机电流，正常值应为 25mA。

如果没有电流或是电流很小，则说明某些放大电路工作不正常，或有断路点。应测量各级静态工作点，找到故障予以排除。

如果电流很大，说明电路有短路或功放电流过大。断开功放开口点，整机电流降至 4mA 左右，则可能是功放电路的功放管击穿引起的。否则可能是退耦电容 C_{14} 、 C_{15} 击穿或严重漏电，也可能是印制电路板存在短路点。

假设正常时整机电流为 25mA，功放电流为 4~10 mA， V_5 的集电极电流为 5 mA 左右，所以流过 R_{12} 的电流就应当为 4~10mA，其两端的电压就应为 1.3~2.2V。因此，可以通过测量 R_{12} 两端的电压来判断这类故障是发生在 R_{12} 之前的电路还是它之后的电路。如果测得 R_{12} 两端的电压很高，说明故障在 R_{12} 之前，否则可能是它之后的功放电路。

整机电流偏小或偏大，可通过测量电流、电压或电阻的方法查找故障原因。

如果整机电流和各级工作点在正常范围内，可用干扰法或信号注入法进行逐级检查，常见的可能是扬声器损坏，输入变压器初级短路等原因造成的。

组装机造成无声的常见原因还有：元器件错（装特别晶体管管脚、电阻阻值装错）；假焊、虚焊；晶体管、变压器烫坏；电位器、扬声、电源线接线错误；印刷板焊锡短路等。

2. 只有“沙沙”声音，收不到电台

这种情况说明低放部分工作基本正常，故障发生在低频耦合电容之前的检波级、中放级、变频级和输入回路。可以先采用干扰法进行检查，确定故障的范围，再通过测量电压、电流、电阻等参数来判断故障点。

首先用起子触碰 V_5 的基极，扬声器应有“喀、喀”声音，将音量电位器调至最大音量位置，碰触电位器的中心滑片，如果没有“喀、喀”声，则属于耦合电容 C_{10} 断路或电位器的中心滑片与地短路。如果“喀、喀”声正常，再触碰电位器的“热端”，如没有“喀、喀”声，则是因为电位器损坏，如果“喀、喀”声正常，说明电位器完好。如此依次往前分别触碰各测点，直至找到故障点。

应当指出：如果在 V_1 的基极线圈两端采用干扰法时，产生很响的“喀、喀”声，但仍收不到电台，则说明 V_1 直流工作状态基本正常，故障可能是本机振荡停振造成的。判断本机振荡是否起振的方法已在前面讲述。引起停振的原因有：振荡线圈 B_2 初级或次级断路或短路、初次级之间短路；交连电容 C_3 短路或断路；补偿电容 C_{1a} 短路；双连电容的振荡连 C_{1b} 碰片；振荡线圈 B_2 受潮等。

组装机中出现此类故障的原因还有：元件虚焊、错装，中周严重失调或焊脚处焊锡短路等。

3. 灵敏度低、收台少

收音机如果只能接收本地强信号电台，而远地信号较弱的电台收不到或声音小，这是灵敏度低的表现，但如果电池电压低于标称值的 70%，也会造成这种现象，可更换电池试之。

在电源电压正常的情况下，引起灵敏度低的主要原因有：检波三极管 V_4 基极与发射极 PN 结正向电阻增大，反向电阻减小，性能变坏，检波效率下降；中周失调、中周受潮，Q 值下降；中放管 V_2 、 V_3 性能变坏，集电极电流减小；中频旁路电容 C_4 、 C_5 断路，使中频增益下降；槽路电容 C_{b3} 、 C_{b4} 、 C_{b5} 漏电、失效，使中周调节时反应不灵；天线线圈

断股，损耗增大，Q 值降低；C₂ 断路或失效，信号损失大。

造成这种故障的原因也可能是本机振荡弱引起的：交连电容 C₃ 漏电、容量过小，造成频率低端停振，或者是容量过大造成频率高端自激；振荡线圈受潮 Q 值下降；C_{1B}、C_{1b} 损耗增大等。

组装机中还可能是因为中周失调（包括磁帽破碎）、元器件错装、统调不当、旁路电容虚焊等原因造成的。

HX108-2 型外差式收音机检测修理方法

- 1、检测前提：安装正确、元器件无差处、无缺焊、无错焊及塔焊。
- 2、检查要领：一般由后级向前检测，先检查低功放级，再看中放和变频级。
- 3、检测修理方法：

(1) 整机静态总电流测量

本机静态总电流 $\leq 25\text{mA}$ ，无信号时，若大于 25mA ，则该机出现短路或局部短路，无电流则电源没接上。

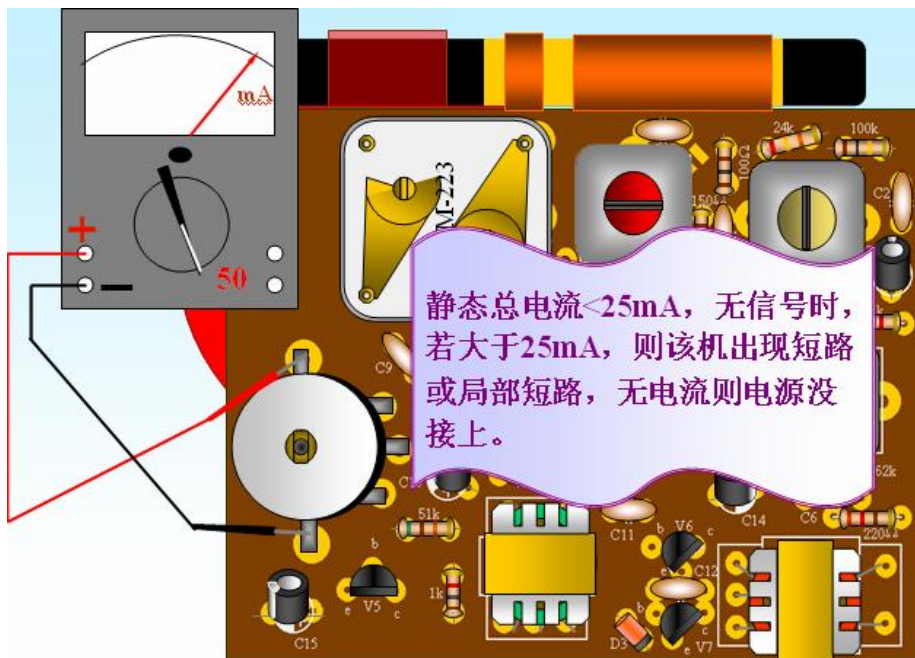


图 5-1

(2) 工作电压测量 总电压 3V

正常情况下，D1、D2 两二极管电压在 $1.3 \pm 0.1\text{V}$ ，此电压大于 1.4V 或小于 1.2V 时，此机均不能正常工作。大于 1.4V 时二极管 IN4148 可能极性接反或已坏，检查二极管。

小于 1.3V 或无电压应检查：

- a. 电源 3V 有无接上
- b. R12 电阻 220Ω 是否接对或接好；
- c. 中周（特别是白中周和黄中周）初级与其外壳短路。

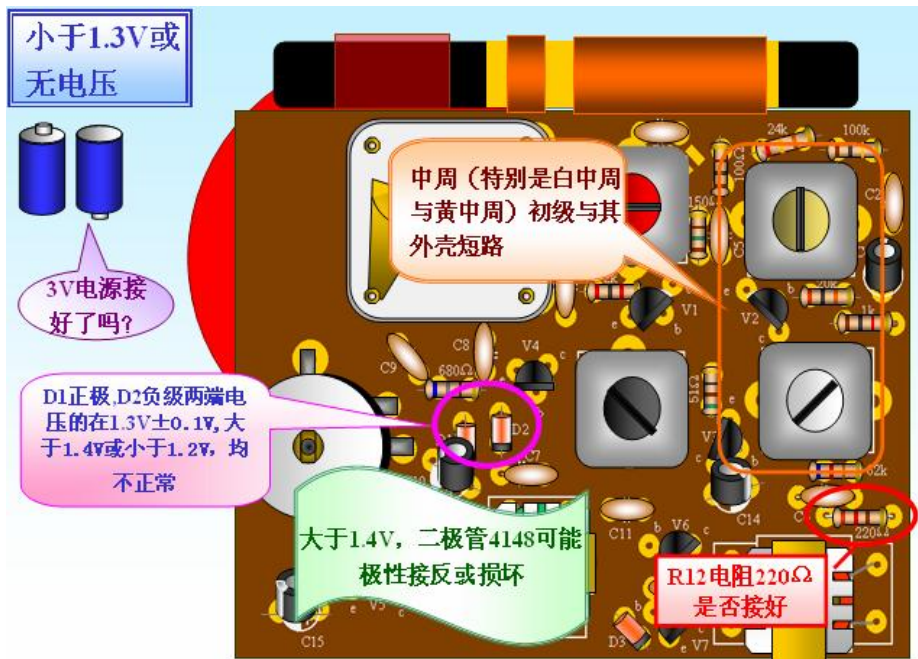


图 5-2

(3) 变频级无工作电流:

检查点: a.无线线圈次级未接好;

b. V₁9018 三极管已坏或未按要求接好;

c.本振线圈(红)次级不通, R₃100Ω 虚焊或错焊接了大阻值电阻。

d.电阻 R₁100K 和 R₂2K 接错或虚焊



图 5-3

(4) 一中放无工作电流

检查点：a.V2 晶体管坏，或（V2）管脚插错（e、b、c 脚）；

b.R₄20K 电阻未接好；

c.黄中周次级开路

d.C₄4.7 μ 电解电容短路

e.R₅150 Ω 开路或虚焊。

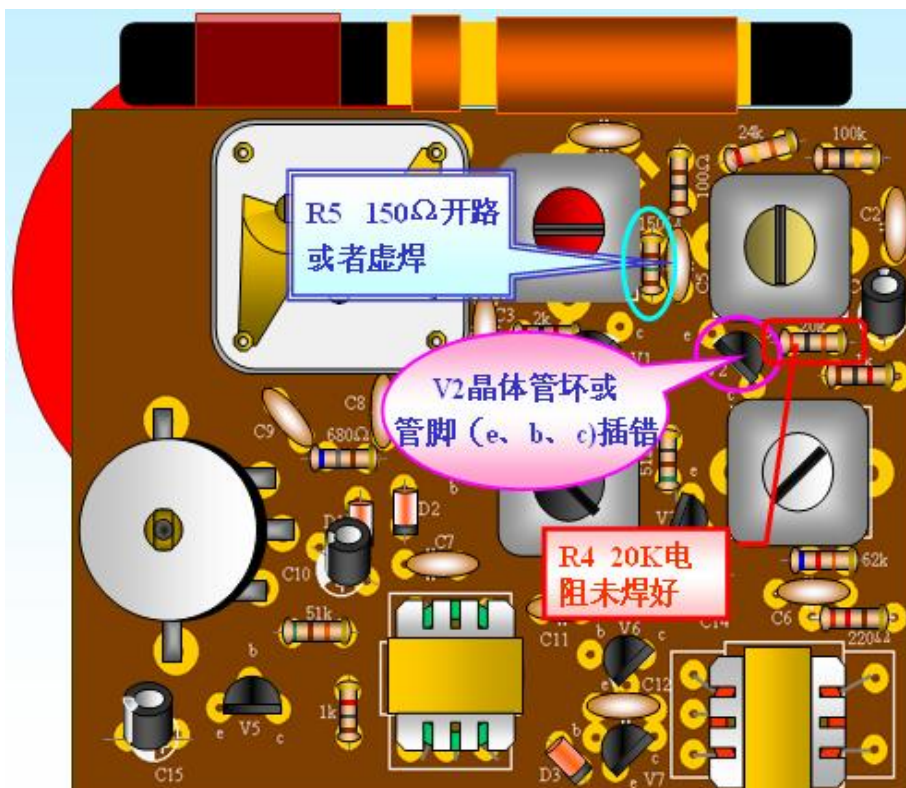


图 5-4

(5) 一中放工作电流大 1.5~2mA（标准是 0.4~0.8mA，见原理图）

检查点：a.R₈1K 电阻未接好或连接 1K 的铜箔有断裂现象；

b.C₅233 电容短路或 R₅150 Ω 电阻错接成 51 Ω ；

c.电位器坏，测量不出阻值，R₉680 Ω 未接好；

d.检波管 V₄9018 坏，或管脚插错。

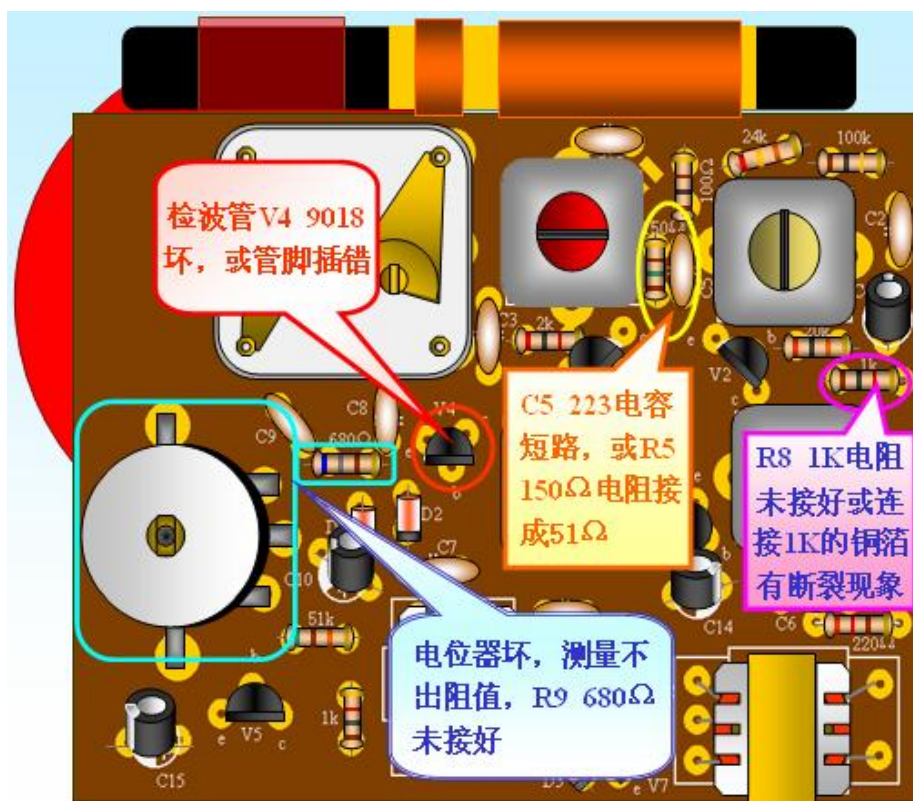


图 5-5

(6) 二中放无工作电流

检查点: a.黑中周初级开路;

b.黄中周次级开路;

c.晶体管坏或管脚接错;

d. R_7 $51\ \Omega$ 电阻未接上;

e. R_6 $62K$ 电阻未接上。



图 5-6

(7) 二中放电流太大, >于 2mA

检查点: R₆ 62K 接错, 阻值远小于 62K。



图 5-7

(8) 低放级无工作电流

- 检查点：a.输入变压器（蓝）初级开路；
b.V₅ 三极管坏或接错管脚；
c.电阻 R₁₀51K 未接好或三极管脚错焊



图 5-8

(9) 低放级电流太大 大于 6mA；检查点：R₁₀51K 装错，电阻太小。



图 5-9

(10) 功放级无电流 (V6、V7 管)

- 检查点:
- a. 输入变压器次级不通;
 - b. 输出变压器不通;
 - c. V6、V7 三极管坏或接错管脚;
 - d. R₁₁ 1K 电阻未接好。



图 5-10

(11) 功放级电流太大 大于 20mA

- 检查点:
- a. 二极管 D4 坏, 或极性接反, 管脚未焊好;
 - b. R₁₁ 1K 电阻装错了, 用了小电阻。(远小于 1K 的电阻)。



图 5-11

(12) 整机无声

整机无声 用 MF47 型万用表检查故障方法:

用万用表 $\Omega \times 1$ 黑表棒接地, 红表棒从后级往前寻找, 对照原理图, 从喇叭开始顺着信号传播方向逐级往前碰触, 喇叭应发出“喀喀”声。当碰触到哪级无声时, 则故障就在该级, 可用测量工作点是否正常, 并检查各元器件, 有无接错、焊错、塔焊、虚焊等。若在整机上无法查出该元件好坏, 则可拆下检查。

检查点: a. 检查电源有无加上;

b. 检查 D1、D2 (IN4148; 两端是否是 $1.3V \pm 0.1V$);

c. 有无静态电流 $\leq 25mA$;

d. 检查各级电流是否正常, 变频级 $0.2mA \pm 0.02mA$; 一中放 $0.6mA \pm 0.2mA$;

二中放 $1.5mA \pm 0.5mA$; 低放 $3mA \pm 1mA$; 功放 $4mA \pm 10mA$; (说明: $15mA$ 左右属正常);

e. 用万用表 $\times 1$ 档测查喇叭, 应有 8Ω 左右的电阻, 表棒接触喇叭引出接头

时应有“喀喀”声, 若无阻值或无“喀喀”声, 说明喇叭已坏, [测量时应将喇叭焊下, 不可连机测量];

f. B3 黄中周外壳未焊好;

g. 音量电位器未打开。

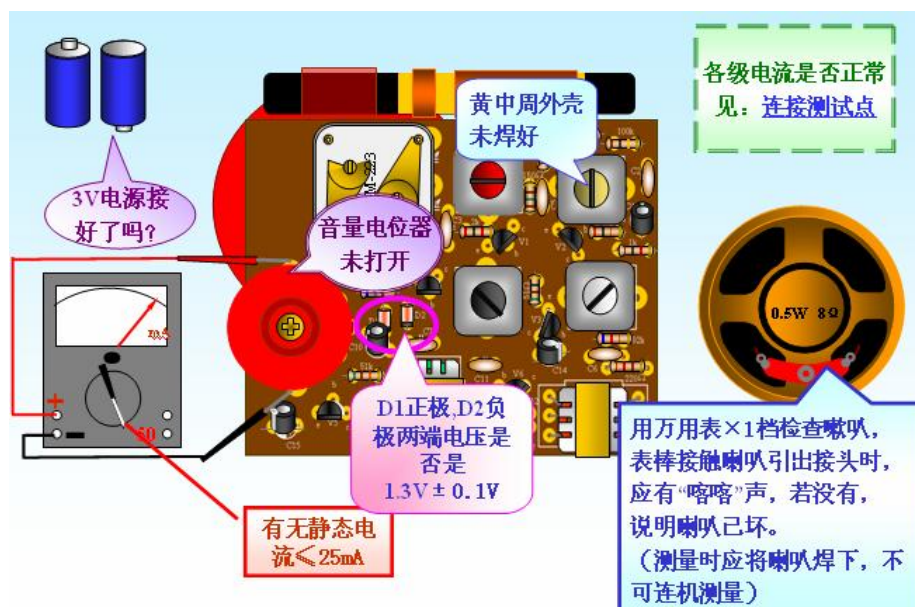


图 5-12

第六章 收音机的调试

1 电子产品调试工艺概述

由于电子产品设计的近似性、元器件的分散性和装配工艺的局限性，装配完的整机一般都要经过调试才能达到相应的性能指标和质量要求。因此调试是生产过程中的一个非常重要的环节。

1. 设计调试工艺方案

调试工艺方案是针对具体产品的调试内容与项目、步骤和方法、测试条件要求、仪器仪表的选择、注意事项和安全操作规程等的详细规定和设计。一套完整的工艺方案包括以下内容：

(1) 调试项目、步骤及要求

根据具体的被调试产品，确定其调试的项目、内容和每个项目的操作步骤及其具体要求等。

(2) 确定调试的工艺流程

安排调试工艺流程的原则一般为先外后内，先调试结构部分，后调试电气部分；先部件调试，后综合调试；先调试基本指标，后调试综合指标。整个调试的过程是循序渐进的过程，要合理安排各个工序之间衔接。

(3) 选择调试手段

要确定测试方法，配备精度合适的相关仪器仪表，并建造一个满足调试要求的工作环境。

(4) 编制调试工艺文件

调试工艺文件包括调试工艺卡、操作规程、质量分析表等。

2. 调试的主要内容

电子产品调试主要包括以下内容：①静态工作点测试与调整；②波形、频率测试与调整；③频率特性测试与调整；④性能综合测试与调整。实际工作中要根据电子产品设计需要确定调试的项目和内容。

3. 调试工作的基本程序

(1) 通电前的检查 在通电前应先检查元器件的插装是否正确，焊接有无虚焊、假焊和短路，各种仪器连接及工作状态是否正常。

(2) 通电观察 对电子设备进行通电，首先观察有无冒烟、异味、元件发烫等异常现象。如有异常情况应立即切断电源进行检查，防止故障扩大。

(3) 测试和调整单元电路 如果整机电路由多块功能电路组成，应先对各功能板电路分块进行测试和调整。分块调试包括静态调试和动态调试，分别测量其静态参数和动态参数，并与设计要求相比较，如果超出规定范围，则要调整相应的可调元件，使其满足设计指标要求。

(4) 整机性能测试与调整 调试后的各功能块组装到一起，测量整机性能指标是否与设计指标相符，如有不符，还需进行适当调整。

对于简单电路或一些定型产品，也可不采用分块调试的方法，而是整个电路安装完毕进行一次性调试。

(5) 对产品进行老化处理和环境试验。

4. 对调试人员的基本要求

为提高调试的质量和效率，除要求合理设计工艺方案、科学安排工艺过程以外，还要求操作人员具有良好的技术素质，熟练掌握调试工艺过程。因此调试人员应当具备以下知识和能力：

- (1) 会分析被调试电路的工作原理，熟悉其性能指标、测试条件。
- (2) 熟悉有关仪器、仪表的工作原理、性能指标、使用方法，并能熟练操作。
- (3) 掌握电路多个项目的测量和调试方法，对测试数据有较强的分析和处理能力。
- (4) 具有电路和元器件的基本知识，会分析和解决调试过程中出现的常见故障。
- (5) 熟悉调试工艺过程，严格遵守工艺规程和安全操作规程。

2 收音机的调试所需仪器设备

(1) 稳压电源 (3V/200mA，或 2 节 5 号电池)；(2) XFG-7 高频信号发生器；(3) 示波器 (4) 毫伏表 GB-9 (或同类仪器)；(5) 园环天线 (调 AM 用)；(6) 无感应螺丝刀。

仪器连接方框图

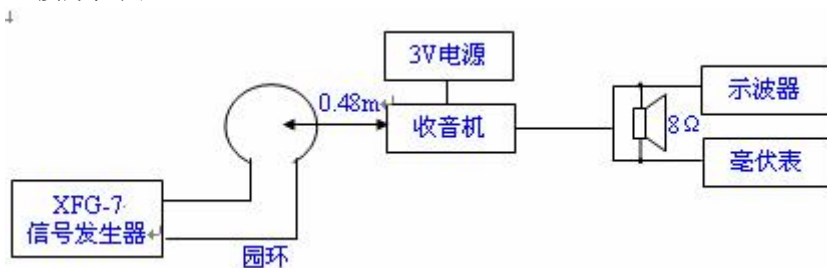


图 6-1

3 收音机的调试

收音机电路板的调整的原理

收音机的调整是收音机实训的其中一个重要内容，有些同学一焊接完，就以为大功告成，特别是有些同学还能收到一两个电台，就忽视了后面的实训，这是非常错误的指导思想。我们一定要重视收音机的调试部分的实训。

在调试前必须确保收音机能接收到沙沙的电流声（或电台），若听不到电流声或电台，应先检查电路的焊接有无错误、元件有无损坏，直到能听到声音才可做以下的调整实验。

超外差收音机的调整有三种：

1、调中频——即是调中频调谐回路

中放电路是决定收音电路的灵敏度和选择性的关键所在，它的性能优劣决定了整机性能的好坏。调整中频变压器，使之谐振在 AM/465kHz（或 FM/10.7MHz）频率，这是中放电路调整的任务。

2、调覆盖——即是调本振谐振回路

超外差收音机电路接收信号的频率范围与机壳刻度上的频率标志应一

致，所以，要进行校准调整，也叫调覆盖。

在超外差收音机中，决定接收频率的是本机振荡频率与中频频率的差值，而不是输入回路的频率，因此，调覆盖实质是调本振频率和中频频率之差。因此调覆盖即调整本振回路，使它比收音机频率刻度盘的指示频率高 AM/465kHz（或 FM/10.7MHz）。在本振电路中，改变振荡线圈的电感值（即调节磁芯）可以较为明显地改变低频端的振荡频率（但对高频端也有影响）。改变振荡微调电容的电容量，可以明显地改变高频端的振荡频率。

3、统调——即是调输入回路

统调又称为调整灵敏度，本振频率与中频频率确定了接收的外来信号频率，输入回路与外来信号的频率的谐振与否，决定超外差收音机的灵敏度和选择性（即选台功能），因此，调整输入回路使它与外来信号频率谐振，可以使收音机灵敏度高，选择性较好。调整输入回路的选择性也称为调补偿或调跟踪，但是在外差式收音电路中，调整输入谐振回路的选择性会影响灵敏度，因此，调整谐振回路的谐振频率主要是调整灵敏度，使整机各波段的调谐点一致。

调整时，低端调输入回路线圈在磁棒上的位置，高端调天线的微调电容。

收音机组装或维修后都应当按照调试工艺规程进行调试，以保证其各项性能指标达到要求。收音机调试的主要内容包括各级静态工作点的调整、各级中周的调整、频率范围的调整和同步跟踪调整等内容。现结合组装的 HX108 型收音机加以说明。

调试所用仪表及器材主要有高频信号发生器（配有环形天线）、晶体管毫伏表（DA-16 型）、直流稳压电源（或 1.5V 干电池二节）、万用电表各一台，无感起子一把，调试棒（铜铁棒）一支，高频白腊适量。

(1)静态调试

静态工作点的调整静态工作点调整是在收音机没有外来输入信号的情况下，调整各级晶体管的偏置电阻，使其工作点达到规定值。因此，静态调整时应将双连电容器短路或将其动片全部旋入或旋出，以确保电路处无输入信号的状态。

各级静态工作点的调整，一般从后往前逐级进行。调整时可采用集电极电流测量法，也可采用发射极电位测量法。电流测法比较麻烦一些，需要将三极管集电极处的印制导线切开一个断点作为 I_C 测点，然后将万用表置直流电流档，两支表棒串入开口点监测电流。发射极电位测量法是直接测量发射极对地电压来估算电流。因为 $I_C \approx I_E = U_E / R_E$ ，所以只需要将 U_E 调整到规定范围内可以了。

具体调整时，可用一个 100k 的电位器和 10k 左右的电阻串联后代替带有“*”的上偏置电阻，然后调整电位器，使相应的集电极电流或发射极电位达到规定值。再拆下电位器和与之串联的电阻，用欧姆档测出其串联阻值，换上等值固定电阻。这样就完成了这一级的静态工作点就调整。HX108 收音机各级静态工作点列于表，供参考。

应当指出，由于 HX108 型收音机的功放管 V6 和 V7 类型、参数相同，所以在正常工作，中点（V6 的发射极）电压应为电源电压的一半。调试时用壹只 10k 位器分别串联 500 Ω 左右的电阻，代替 R_{11} 。将万用表置于直流电流档，两表棒串入印制板上的 I_C 测点（开口点），调整电位器，使功放电流（V6 V7 的集电极电流）为 4~10mA，中点电压为 1.5V 左右。调试完毕用焊锡将开口处连接好。

直流工作点的调试

在晶体管收音机电路中，由于各级的功能不同，各级晶体管的直流工作点也就不同。

变频级包括混频电路和振荡电路两部分。从混频的要求来考虑，晶体管应工作在非线性区，工作电流要小。但混频级还要求对中频信号有一定的放大作用，因而工作电流不能太小。所以，混频电路的工作电流一般取 $0.18\sim0.22\text{mA}$ 。对振荡电路而言，工作电流大一些可使振荡电压强一些，从而提高变频增益。但振荡电压太强了会使振荡波形失真，谐波成分增加，反而使变频增益下降，并使混频噪声大大增强，所以振荡电路的工作电流一般取 $0.5\sim0.8\text{mA}$ 。在一般的收音机实验电路中，振荡电路与混频电路合用一只晶体管，变频级的工作电流同时兼顾混频与振荡的要求，这一级的工作电流应取折中值，一般为 $0.4\sim0.6\text{mA}$ 。

中放电路一般有二级。第一级中放要起自动增益控制作用，工作点应选在非线性区，工作电流一般取 $1\sim2\text{mA}$ 。这样加入自动增益控制后不易失真，效果也明显。第二级中放要有足够的功率增益，工作电流应适当取大一点。

低放级的输入信号是从检波级送来的音频信号，幅度不大，所以该级的工作电流一般取 $3\sim5\text{mA}$ 。

功放级一般采用推挽电路，为了消除交越失真，提高效率，应使它工作在乙类，工作电流一般取 $4\sim10\text{mA}$ 。

HX108 收音机各级工作点

级 别	变频级 V_1	一中放 V_2	二中放 V_3	低放 V_5	功放 V_6/V_7
集电极电流 I_C (mA)	0.18~0.22	0.4~0.8	1.0~2.0	3~5	4~10
发射极电位 U_E (V)	0.6~0.8	0.5~0.7	0.25~0.4	0.7~0.9	1.5 (中点)
调整元件	R_1	R_4	R_6	R_{10}	R_{11}

在调整各级静态工作点时，可能出现下列异常情况：

(1) 若 I_C 或 U_E 为零，可能是晶体管损坏、集电极无电压、发射极没有接地（虚焊）、上偏置电阻损坏、基极对地短路以及外部电路短路造成的。

(2) I_C 或 U_E 偏小且调不上去，可能是三极管集电极和发射极装反、发射极电阻变大（组装时也可能是错装）、基极旁路电容漏电以及三极管的 β 太小等原因造成的。

(3) I_C 或 U_E 太大，可能是下偏置电阻开路、发射极旁路电容击穿、三极管击穿或 β 太大等原因造成的。

(2)动态调试

分以下几种情况：

(a)实验室及工厂有仪器情况下的调整方法

1.中频频率的调整

收音机中频的调整是指调整收音机的中频放大电路中的中频变压器（简称“中周”），使各中频变压器组成的调谐放大器都谐振在规定的 465kHz 的中频频率上。从而使收音机达到最高的灵敏度和最好的选择性。因此中频调的好坏，对收音机的影响是很大的。

新的中频变压器在出厂时都经过调整。但是，当这些中频变压器被安装在收音机上以后，还是需要重新调整的。这是由于它所并联的谐振电容的容量总存在误差，同时安装后存在布线电容。这些都会使新的中频变压器失谐。另外，一些使用已久的收音机，其中频变压器的磁芯也会老化，元件也有可能变质。这些也会使原来调整好的中频变压

器失谐。所以，仔细调整中频变压器是装配新收音机和维修旧收音机时不可缺少的一步工作。

一般超外差式收音机使用的都是通用的调感式中频变压器。中频的调整主要是调节中频变压器的磁帽的相对位置，以改变中频变压器的电感量，从而使中频变压器组成的振荡回路谐振在 465kHz 上。

收音机的中频变压器的初级与槽路电容组成谐振回路，只有每个谐振回路都谐振于 465kHz，才能保证整机具有良好的选择性和灵敏度。

(1) 用信号发生器调整中频

按图接线，调节高频信号发生器，使其输出频率为 465kHz 的调幅信号，电压输出指示为 1V，调制度 M%指示在 30%（以下调制信号除频率外，其余同）。再将被调收音机的双连动片全部旋入，调节信号发生器输出信号的强度，使收音机收到信号发生器的信号。用合适的无感起子从后向前逐级调整中周的磁帽，直至交流毫伏表的指示为最大（此



图 6-2



图 6-2

时收音机发出的声音也为最大)。在调试过程中，注意调节收音机音量电位器，控制输出

信号的大小，使调整更准确。按此操作，反复调整几次，可使各级中周谐振于 465kHz。

(2) 采用样机调整中频

在没有信号发生器的情况下，可采用一台调整准确的收音机作样机来调整被调收音机的中频。首先用导线将样机和被调机的地相连，并使样机在低端收到某一电台。再从样机的检波输入端引出一根短导线，串联一只 $0.01\sim 0.047\mu\text{F}$ 的电容后分别接到被调机的各中放管、变频管的基极，反复调整各中周，使被调机声音最响，这样就使各中周都基本谐振于 465kHz。

(3) 利用电台信号调整中频

如果收音机能收到电台，只是灵敏度低、收台少、声音小，可以在低端收到一电台，从后级往前级依次调整各中周，使收到的声音最大。再改收弱电台或改变收音机的方向，反复调几次也可以使各中周基本谐振于 465kHz。

中频调好以后，可以在磁帽上滴几滴白腊加以固定。

中频调试中可能出现的问题：

①如果用普通起子调整中周，当起子接近中周时，收音机发出的声音变小，说明中周已调好，否则说明调试不当，需要再调整。

②调节时，若音量不变化或变化迟钝，可能是中周初级线圈局部短路或受潮，也可能是槽路电容漏电、失效、脱焊或中放管静态电流太大等原因造成的。此时应当排除故障后再作调试。

③如果声音达到最大时，收音机出现哨叫，可能是中放管静态电流太大，中周谐振频率偏高而引起中频自激。

④中周磁帽破碎，使调整达不到最佳状态。因此，调整时要小心，不可用力过猛，所用起子大小要合适。对于磁帽与尼龙骨架结合较紧的中周，可用电烙铁在中周外壳适度加热，使尼龙骨架变软，从而使磁帽转动灵活。

2. 调整频率范围（对刻度）

收音机每一个波段都有一定的频率范围，中波段收音机的频率范围为 525~1605kHz。调整频率范围的目的就是要让调谐指针所对的频率刻度与接收到的电台频率对应。调整时一般先调低端频率，再调高端频率。

(1) 用信号发生器调整频率范围

调节信号发生器使其输出频率为 525kHz 的调幅信号，被调机双连可变电容器的动片全部旋入，使调谐指针指向刻度板最低端，调节振荡线圈 T_2 的磁帽（改变振荡频率），使交流毫伏表的指示为最大。然后，再调节信号发生器使其输出频率为 1605 kHz 的调幅信号，将被调机的双连可变电容器的动片全部旋出，使调谐指针指向刻度板最高端，调节本机振荡电路中的微调电容 C_{1b} ，直到交流毫伏表为最大指示。这样反复调几次，频率范围就调好了。



图 6-3



图 6-4

(2) 采用样机调整频率范围

用一台频率范围正确的收音机作样机进行调整，先将样机在低端收到一电台，将被调机的调谐指针也调至该频率刻度位置，用无感起子调节振荡线圈 B_2 的磁帽，直至被调机接收到与样机相同的电台。然后再将样机在高端选择一电台，将被调机的调谐指针也调至该频率刻度位置，调节本机振荡电路中的微调电容 C_{1b} ，使被调机收到与样机相同的电台。反复调几次，就可使高低端的频率覆盖调好。

如果知道高低端电台的频率（如低端有 540 kHz 的中央台，高端有 1530 kHz 的浙江

台), 当地也能收到其广播信号, 也可以直接让被调收音机的调谐刻度指向相应电台频率位置, 分别调整振荡线圈和微调电容, 使收音机接收到高低端相应电台的广播。

频率范围调整过程中可能出现的问题:

①如果收音机收不到电台, 可能是本振电路没有起振或振荡频率偏差太大造成的, 如振荡线圈短路、断线、受潮, 垫振电容开路、失效, 补偿电容短路, 交连电容开路, 双连电容器的振荡连开路或短路等。

判断本振是否起振可用万用表直流电压档测量变频管 V_1 的 b、e 极之间的电压或发射极电阻 R_2 两端的电压, 然后用镊子短路双连电容器的振荡连, 观察电压是否有变化。如果有变化, 说明电路起振, 否则停振。

②如果低端收不到电台, 说明振荡器低端的振荡频率偏高, 原因可能是振荡线圈匝数少, 磁芯、磁帽破碎, 垫振电容或交连电容容量小、双连电容低端碰片等造成的。

③如果高端收不到电台, 则说明振荡器高端的振荡频率偏低或过高, 可能是补偿电容器开路, 交连电容容量太大, 变频管工作频率低等原因造成的。

3. 三点统调

统调跟踪

收音机的统调跟踪主要是调整超外差式收音机的输入电路和振荡电路之间的配合关系, 使收音机在整个波段内都能正常收听电台广播, 同时使整机灵敏度及选择性都达到最好的程度。

统调跟踪主要包括两个方面的工作。一是校准频率刻度, 二是调整补偿。下面以收音机的中波段为例, 说明统调跟踪的原理。

(1) 校准频率刻度

收音机的中波段通常规定在 535kHz~1605kHz 的范围内。它是通过调节双连可变电容器, 使电容器从最大容量变到最小容量来实现这种连续调谐的。校准频率刻度的目的, 就是通过调整收音机的本机振荡的频率, 使收音机在整个波段内收听电台时都能正常工作, 而且收音机指针所指出的频率刻度与接收到的电台频率相对应。

一般地, 我们把整个频率范围内 800kHz 以下称为低端, 将 1200kHz 以上称为高端, 而将 800~1200kHz 之间称为中间。正常的收音机, 当双联电容器从最大容量旋到最小容量时, 频率刻度指针恰好从 520kHz 移到 1605kHz 的位置, 收音机也应该能接收到 535~1605kHz 范围内的电台信号。在这种情况下, 我们称这台收音机的频率范围和频率刻度是准确的。但是, 没有调整过的新装收音机或者已经调乱了的收音机, 其频率范围和频率刻度往往是不准的, 不是偏高就是偏低。例如, 一个收音机所能接收到的信号频率不是从 535~1605kHz, 而是从 500~1500kHz, 就称它的频率范围偏低。如果收音机所能接收到的信号频率是从 700kHz~2.1MHz, 就称它的频率范围偏高。如果接收到的信号从 535~1500kHz, 就称它的高端频率范围不足。如果接收到的频率从 600~1605kHz, 就称它的低端频率范围不足。对于这些收音机, 必须校准频率刻度, 才能达到应有的性能指标。

在超外差式收音机中, 决定接收频率或决定频率刻度的是本机振荡频率与中频频率的差值, 而不是输入回路的频率。当中频变压器调准也就是中频频率调准以后, 校准收音机的频率刻度的任务实际上只需要通过调整本机振荡器的频率即可完成。具体是在振荡信号频率范围的低端进行调整。我们知道, 在本机振荡电路里, 改变振荡线圈的电感量即改变振荡线圈的磁芯, 可以较为显著地改变低端的振荡频率。改变与振荡线圈并联的补偿电容 C_{1b} , 可以较为显著地改变高端的振荡频率。因此, 校准频率刻度的基本原则

是“低端调电感，高端调电容”。如果将最高端和最低端调准了，中间频率点一般就是准确的。

(2) 调整补偿

本机振荡电路和中频变压器的频率调好后，就剩下对输入回路的调整了。实际上，本机振荡频率与中频频率就确定了输入回路应接收的外来信号频率。而此时的输入回路是否与此信号频率谐振，就决定了超外差式收音机的灵敏度和选择性。调整补偿就是调整输入回路，使它与振荡回路跟踪并正好在这一外来信号的频率上谐振，从而使收音机的整机灵敏度和选择性达到最佳状态。

调整补偿要进行所谓“三点统调”，即在输入调谐回路的低端 600kHz、中间 1000kHz 和高端 1500kHz 处进行调整。调低端时，应调整输入回路线圈在磁棒上的位置。调高端时，应调整与输入回路线圈并联的微调电容 C_{1a} 。所以，调整补偿电容的基本原则仍可归纳为“低端调电感，高端调电容”。

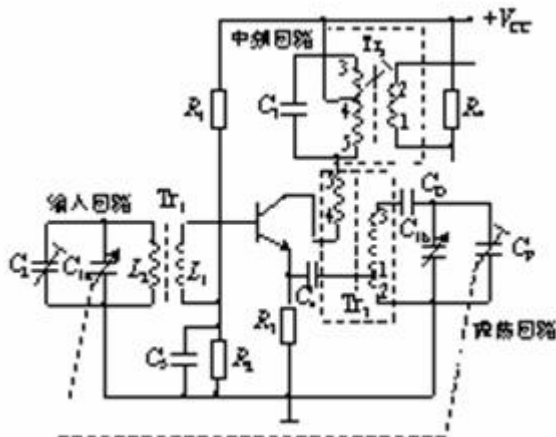


图 6-5

振荡回路和输入回路调好后，使用时只要调节双连可变电容器，就可以使输入回路和振荡回路的频率同时发生连续的变化，从而使这两个回路的频率差值保持 465kHz，即所谓同步跟踪。但是，要使整个波段内每一点都达到同步是不易实现的。我们前面所进行的对刻度和调整补偿也都只是在特殊的频率点上进行的，所以严格的说，超外差式收音机的输入回路和振荡回路在整个波段内实际上只有三点是跟踪的。上述调试过程也称为“三点统调”。下面将进一步叙述三点统调的原理。

三点统调原理

超外差式收音机的主要特色之一是它有一个变频级。典型的变频电路如图 6-5 所示。

变频级有三个谐振回路。一个是 L_2 、 C_{1a} 、 C_2 组成的输入回路，调节这个回路可以选择不同频率的电台信号 f_S ；一个是由 L_{23} （变压器 Tr_3 的 2, 3 端之间的电感）、 C_{1b} 、 C_D 、 C_P 组成的本机振荡回路，调节这个回路，可以改变本机振荡的频率 f_L ；另一个是由 L_{35} （变压器 Tr_3 的 3, 5 端之间的电感）、 C_3 组成的中频回路，它谐振于固定的中频 f_I （465kHz）。三种频率之间的关系满足关系 $f_L - f_S = f_I$ 时，称为外差跟踪。当所接收的信号频率 f_S 改变时，本振频率 f_L 也得做相应的改变，才能保持上述的跟踪关系。改变 f_S 及 f_L 是通过改变回路电容实现的。为了简单起见，一般把两个回路的可变电容器 C_{1a} 和 C_{1b} 的动片联在同一个轴上组成所谓的“双连电容”，来满足两个调

谐回路的需要。这种通过改变双连电容的容量，使三个调谐回路的频率满足 $f_L - f_S = f_I$ 的过程，称为跟踪调谐。

收音机工作中波段时，输入信号频率范围为 535~1605kHz，其频率覆盖系数为：

$$K_S = \frac{f_{S \max}}{f_{S \min}} = \sqrt{\frac{C_{L \max}}{C_{L \min}}} = \frac{1605}{535} = 3$$

本振频率范围为 (535 + 465) ~ (1605 + 465) kHz，即 1000~2070kHz，其频率覆盖系数为：

$$K_L = \frac{f_{L \max}}{f_{L \min}} = \sqrt{\frac{C_{L \max}}{C_{L \min}}} = \frac{2070}{1000} = 2.07$$

可见，在一个波段内，振荡回路与输入回路的频率覆盖系数不相等。因此，它们从最低频率变到最高频率时，所要求的可变电容变化量是不相等的，这就给收音机的统调造成了困难。解决这一困难的一般方法是采用等容双连电容器（有机薄膜介质密封双连电容的容量为 7~270pF，空气双连电容的容量为 12~366pF），并在振荡回路中串联和并联半可变电容或称微调电容。

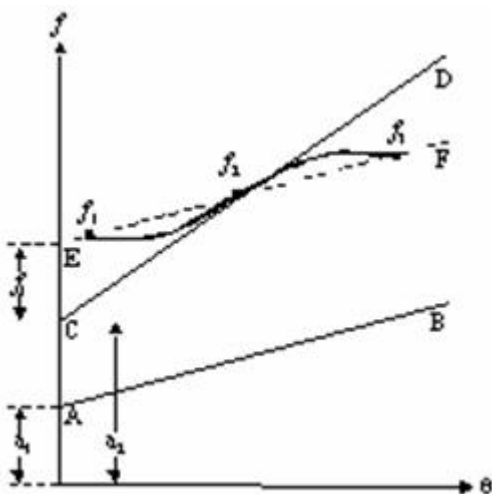


图 6-6

直线频率式双连电容的容量 C 与转角之间有如下关系（设动片旋进时 $\theta=0$ ）。

$$\frac{1}{\sqrt{C}} = a + b\theta$$

其中 a, b 是与几何结构有关的常数。则输入回路和本振回路的频率与双连电容器的转角之间的关系可分别表示为

$$f_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_S}}(a + b\theta) = a_1 + b_1\theta$$

$$f_L = a_2 + b_2\theta$$

这种关系如图中的直线 AB、CD 所示。直线 AB 和 CD 不平行，这就说明只有一点可能满足跟踪条件 $f_L - f_S = f_I$ 。

图中虚线 EF 与 AB 平行, 是 f_L 与 f_S 完全跟踪的理想曲线, 即在 00 ~ 1800 范围内处处满足跟踪条件。而实际的跟踪曲线 CD 与 EF 相交于一点 f_2 , 只有在该点 $f_1 = 465\text{kHz}$ 。

为改善实际跟踪状况, 在本振回路内附加了电容 C_P 和 C_D 。并联在振荡回路中的电容 C_P 叫补偿电容, 其电容量较小, 与 $C_{1b\min}$ 相近。当振荡回路在最低频率时, 电容 C_{1b} 值最大 (全部旋进), 此时 $C_P \ll C_{1b\max}$, 则 C_P 可忽略, 所以 C_P 对振荡回路低频端没影响。但在高频端, C_P 与 $C_{1b\min}$ 接近, 所以影响较大, 结果跟踪曲线下移, 与理想跟踪曲线相交于 f_3 。

串联在振荡回路的电容 C_D 叫垫整电容, 其容量与 $C_{1b\max}$ 相近。在高频端, $C_D \gg C_{1b\min}$, 不起作用。但在低频端, C_D 与 $C_{1b\max}$ 相近, 影响较大, 结果使频率升高, 使实际的跟踪曲线上翘, 与理想曲线相交于 f_1 。

可见, 附加 C_P 和 C_D 后, C_D 直线变成了 S 曲线, 与理想跟踪曲线 EF 相交于三点, 因此称为三点统调, 其它频率虽不完全跟踪, 但也有很大改善。

在中波段, 与三个统调点对应的频率通常为 600kHz、1000kHz 和 1500kHz。

超外差式收音机的本机振荡频率与输入回路接收进来的高频信号频率应保持相差 465 kHz, 这就是所谓的“同步”。但实际电路中, 要在整个波段内保持同步是很难的, 往往只能在三个频率 (通常取 600 kHz、1000 kHz、1500 kHz 三点) 上同步, 这就是“三点统调”。由于在电路设计时就考虑了 1000 kHz 处的同步, 所以通常只调 600 kHz 和 1500 kHz 两点, 1000kHz 这一点作为检验点。统调是在频率范围调好之后进行, 一般也是先调低端, 后调高端。

(1) 用信号发生器统调

首先调节高频信号发生器送出 600kHz 的调幅信号, 调节被调机双连电容, 使之接收到信号发生器的信号。再调节天线线圈 B_1 在磁棒上的位置, 使交流毫伏表为最大指示 (扬声器声音最大)。重新调整高频信号发生器输出 1500kHz 的调幅信号, 旋转收音机的双连电容, 使收音机的正好收到 1500kHz 的信号, 调节输入回路中的补偿电容 C_{1a} 使交流毫伏表为最大指示。如此反复多调几次, 直至两个统调点跟踪为止。

600kHz 和 1500kHz 两点调好后, 对 1000kHz 处的同步情况进行校验。调节信号发生器输出 1000kHz 的调幅信号, 调整收音机接收此信号, 观察毫伏表的指示是否为最大, 误差过大需要重新调整。

(2) 接收电台进行统调

在低端 600kHz 附近接收一电台, 调整天线线圈 B_1 在磁棒上的位置, 使声音最大。再在高端 1500kHz 附近接收一电台, 调节补偿电容 C_{1a} , 使声音最大。

统调完毕后用熔化的白蜡将天线线圈固定在磁棒上。

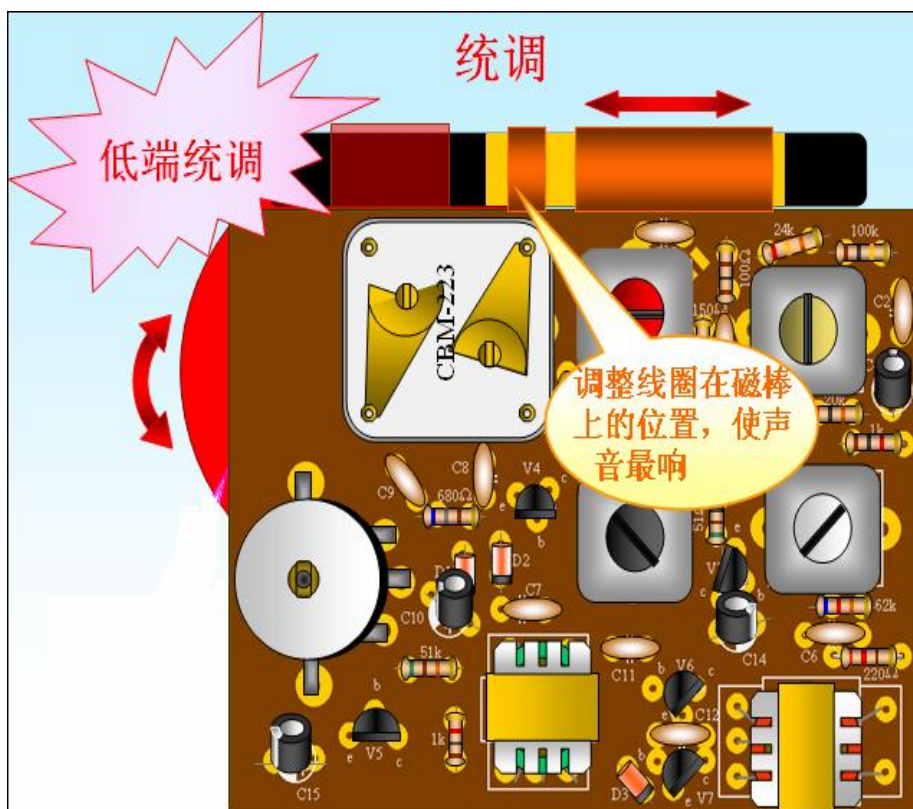


图 6-7

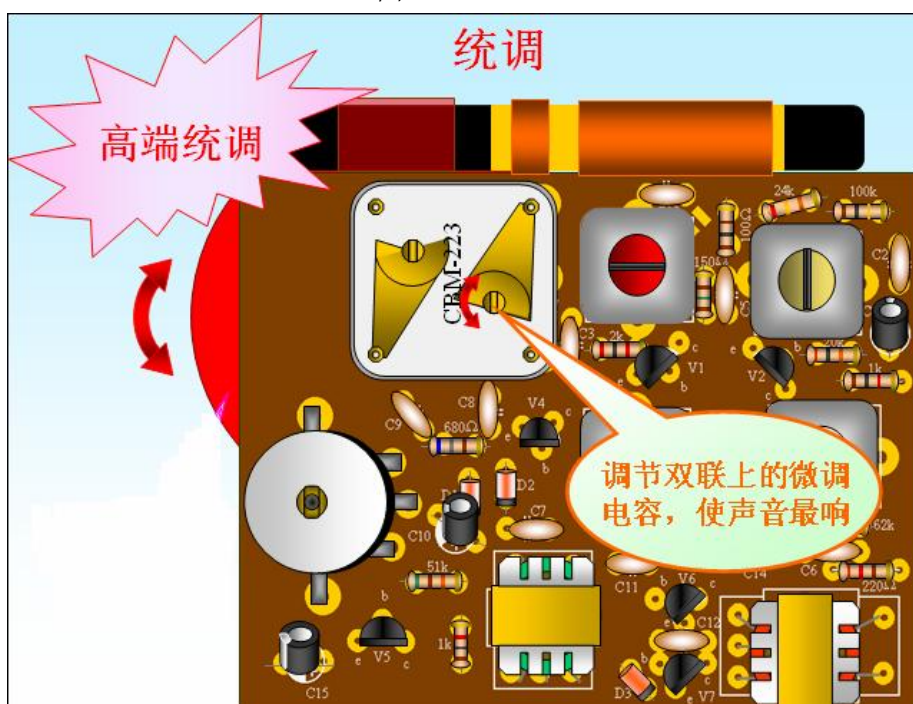


图 6-8

三点统中可能遇到的问题:

①由于高低端相互影响,需要反复调整。统调的好坏可以用调试棒(可用 20mm 的一段铜棒或铝棒和 20mm 的一段磁棒嵌入 50—100mm 长的绝缘管两端制成)进行检验。如果将调试棒的铜头靠近天线,收音机的音量增加,说明输入回路的电感量太大,需要将天线线圈向磁棒外侧移动。如果把调试棒磁头靠近天线,收音机的音量增加,说明输入回路电感量不足,应将天线线圈向中间移动。如果两端分别靠近天线时,收音机音量都减小,说明电感量正好,统调跟踪良好。

②如果采用接收电台进行统调,而收音机因失谐严重,完全收不到电台。这时可以在双连的调谐连定片端接一根长 2~3m 的导线当作外加天线进行电台捕捉。必要时可以将插在电源上的电烙铁接触外加天线的另一端,使市电网成为天线。

③如果调节天线线圈而音量没有明显的变化,可能是磁棒质量差、天线线圈断股、受潮等原因造成的。

④如果调节补偿电容,统调达不到最佳点,可能是补偿电容开路,使高端频率太高造成的。

(2)没有仪器情况下的调整方法

1、调整中频频率

本套件所提供的中频变压器(中周),出厂时都已调整在 465KHz(一般调整范围在半圈左右),因此调整工作较简单。打开收音机,随便在高端找一个电台,先从 B5 开始,然后 B4、B3 用无感螺丝刀(可用塑料、竹条或者不锈钢制成)向前顺序调节,调节到声音响量为止由于自动增益控制作用,人耳对音响变化不易分辨的缘故,收听本地电台当声音已调节器到很响时,往往不易调精确,这时可以改收较弱的外地电台或者转动磁性天线方向以减小输入信号,再调到声音最响为止。按上述方法从后向前的次序反复细调二、三遍至最佳即告完成。

2、调整频率范围(对刻度)

(1)调低端:在 550-700KHz 范围内选一下电台。例如中央人民广播电台 640KHz,参考调谐盘指针在 640KHz 的位置,调整振荡线圈 B2(红色)的磁芯,便收到这个电台,并调到声音较大。这样当双联全部旋进容量最大时的接收频率约在 525-530KHz 附近。低端刻度就对准了。

(2)调高端:在 1400-1600KHz 范围内选一个已知频率的广播电台,例 1500KHz,再将调谐盘指针指在周率板刻度 1500KHz 这个位置,调节振荡回路中双联顶部左上角的微调电容(C1b),使这个电台在这位置声音最响。这样,当双联全旋出容量最小时,接收频率必定在 1620-1640KHz 附近,高端就对准了。

以上(1)、(2)二步需反复二到三次,频率刻度才能调准。

3、统调

利用最低端收到的电台,调整天线线圈在磁棒上的位置,使声音最响,以达到低端统调。利用最高端收听到的电台,调节天线输入回路中的微调电容(C1a)使声音最响,以达到高端统调。为了检查是否统调好,可以采用电感量测试棒(铜铁棒)来加以鉴别。

4 测试方法

铜铁棒的制作方法:取一支废笔杆或塑料软管 $\Phi 8$ — $\Phi 10$,一端嵌入铜棒或吕棒,也

可以用直径 1—2mm 铜线在笔杆上绕 3—5 匝的铜环，另一端嵌入 20mm 的高频磁芯，也可用断磁棒代替，这样一支电感量测试棒就制作成功了。

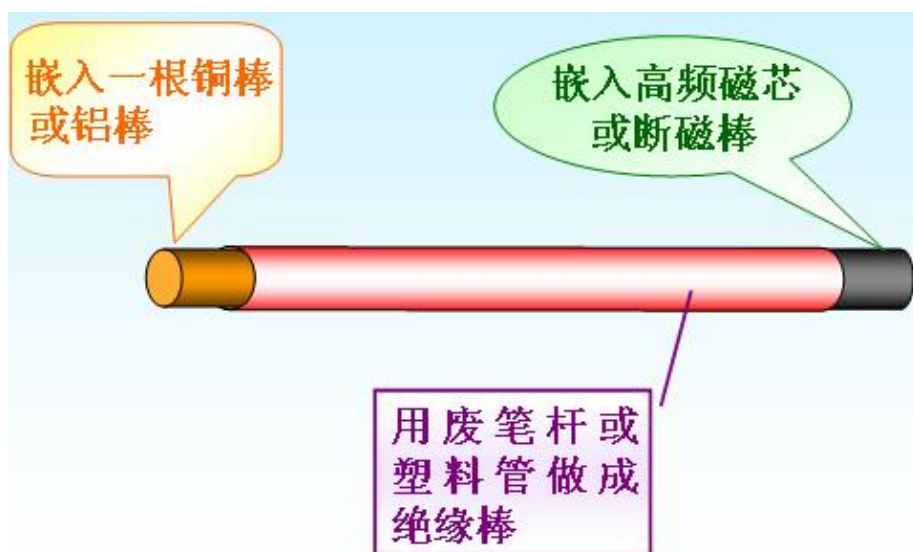


图 6-9

将收音机调到低端电台位置，用测试棒铜端靠近天线线圈（B1），如声音变大，则说明天线线圈电感量偏大，应将线圈向磁棒外侧稍移，用测试棒磁铁端靠近天线线圈，如果声音增大，则说明线圈电感量偏小，应增加电感量，即将线圈往磁棒中心稍加移动。用铜铁棒两端分别靠近天线线圈，如果收音机声音均变小，说明电感量正好，则电路已获得统调。



图 6-10

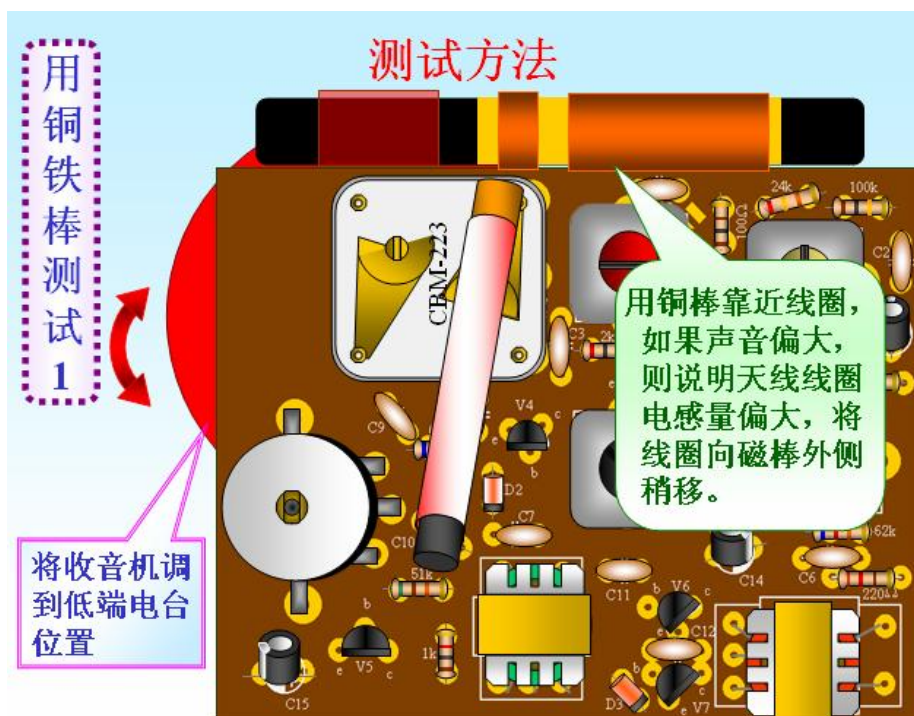


图 6-11



图 6-12

5 收音机的性能测试

收音机的性能指标包括的内容很多，这里只介绍几项主要性能指示及其测量方法。

1. 测量中频频率

将收音机调在最低端（双连电容动片全部旋入），音量控制最大，在“465kHz”附近调节高频信号发生器输出信号的频率，使收音机输出最大，这时信号发生器所指示的频率即为实际的中频频率。

2. 测量频率范围

将收音机的调谐指针调至最低端，在“525kHz”附近调节高频信号发生器输出信号的频率，当收音机输出最大时，与信号发生器相对应的频率即为低端频率。再将收音机的调谐指针调到最高端，在“1605kHz”附近调节高频信号发生器输出信号的频率，收音机输出最大时，与信号发生器相对应的频率即为高端频率。测出最高、低端频率，即知道了收音机的频率范围（应比要求略宽）。

3. 测量灵敏度（mV/m）

灵敏度是衡量收音机接收弱信号能力的指标，使用磁性天线时，其单位为 mV/m（毫伏/米）。在扬声器输出电压相同的情况下，mV/m 数值越小，表示收音机灵敏度越高。收音机的灵敏度一般用相对灵敏度表示，即用收音机输出信号的信噪比为 20dB、输出功率为标准功率（10mW）时的输入信号的大小来表示。

中波收音机一般选择 600kHz、1000kHz 和 1600kHz 三个频率作为灵敏度测量点。将被测收音机调谐指针置于各测试点，信号发生器输出载波为 1000kHz 的调幅信号，用毫伏表监测扬声器两端输出电压。调节信号发生器输出信号强度，使收音机输出电压为 0.28V（8Ω、0.28V 时，即为标准功率为 10mW），读取此时信号发生器输出信号强度为 E_1 。再去掉调制信号（将高频信号发生器置于等幅输出），收音机只有噪声输出，反复调节信号发生器输出信号强度和收音机的音量电位器，使收音机的噪声输出电压为 $E_1/10$ （即 0.028V）。此时，高频信号发生器的输出电压 E_2 即为收音机信噪比为 20dB 时的相对灵敏度。

4. 测选择性

选择性是指收音机从各种电波中选取欲接收电台信号的能力。广播电台一般按 10kHz 的间隔分布，所以选择性也用输入信号失谐±10kHz 时的灵敏度下降程度（dB）来衡量。调节被测收音机，使指针对准 1000kHz，按照灵敏度的测量方法，由信号发生器输出载波 1000 kHz 的调幅波，调节信号发生器输出强度，使收音机输出 0.28V，此时，信号发生器输出电压为 E_1 ；调偏高频信号发生器的载频±10kHz，此时收音机输出降低，增加信号发生器输出信号强度，使收音机输出仍为 0.28V，此时信号发生器输出信号为 E_2 ，即选择性为

$$20\lg E_2/E_1$$

在上述测试、检验过程中要做好记录，并与说明书中的技术性能参数相比较，应达到所要求的灵敏度、选择性要求，对于不能达到要求的应分析原因。

6 装配后盖

在完成统调好机器后，放入 2 节 5 号电池进行试听，收听到高、中、低端都有台即可将后盖盖好，收音机的装配调整即告成完。

第七章 收音机安装调试实训考核及要求

在考查实训效果时，重点考查学生对技能的掌握情况，可从两个方面进行评价：一是在实训过程中观察学生的读图、安装与调试工艺、操作方法、熟练程度等进行评价；二是对所装收音机成品的整机性能、元器件及整机安装的规范性等进行评价。具体考核时，可参考表，将这些考核要求分解成若干个考查点，并配以相应的分值，从而量化考核结果。

HX108 型收音机装调考核表

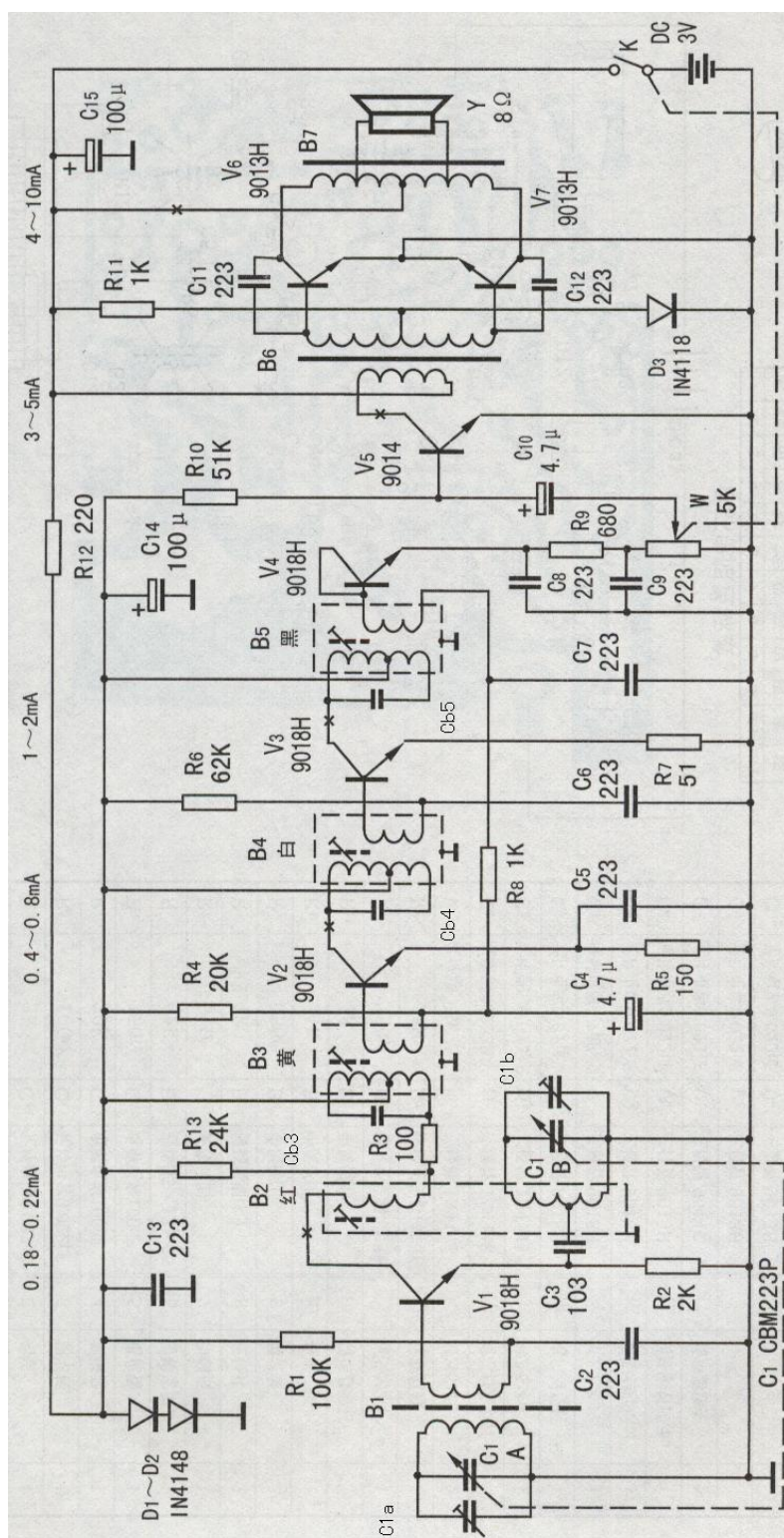
项目	内容	配 分	考核要求	扣分标准	得 分
实训前的准备	①明确实训要求、阅读电原理图； ②备齐所用仪器仪表及工具； ③备齐所需要电子元件、零部件及辅助用料。	10	明确实训所要达到的知识和技能目标，能正确识读电原理图和印制电路板图，能正确检查所需仪器仪表技术状态等。	每错一处扣1~2分	
*工艺文件	①装配工艺文件； ②调试工艺方案。	15	文件齐全、读写正确，工艺过程规范合理。可从内容填写的正确性、完整性、科学性方面进行考查评定。	每错一处扣1~2分	
装接	①装配前的准备工作； ②印制电路板的装接； ③整机的装配。	20	准备充分、元器件的检测正确，焊接符合要求、质量好，装配工艺过程合理、规范，元器件及零部件安装整齐、美观。	每错一处扣1~2分	
调试	①静态工作点调试； ②中频频率调试； ③频率覆盖范围调试； ④三点跟踪调试。	20	能正进行设备连接，熟练使用测试仪器仪表，调试过程正确合理、调试结果良好。	每错一处扣1~2分	
检测	①中频频率的测量； ②频率范围的测	15	能正确连接和使用测量试仪器，测量方法正确，测量结果比较准确。	每错一处扣1~2分	

超外差式晶体管收音机实训指导书

	量; ③灵敏度的测量; ④选择性的测量。				
故障分析与排除	①故障分析能力; ②故障的查找和排除。	10	能够正确分析、解释和排除装调过程出现的常见问题,也可由指导教师人为设置 1~2 故障考查学生分析和排除故障的能力。	每错一处扣 1~2 分	
其它	安全文明生产情况	10	遵守安全操作规程和劳动纪律,培养学生良好的职业道德和敬业精神。	每错一处扣 1~5 分	

注:带有“*”项目可根据具体要求决定是否进行考核。

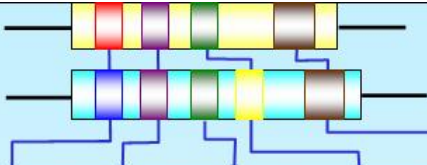
HX108-2 七管半导体收音机电原理图



附录二： 晶体管收音机常用元器件的识别

一：色环电阻的识别

色环标志

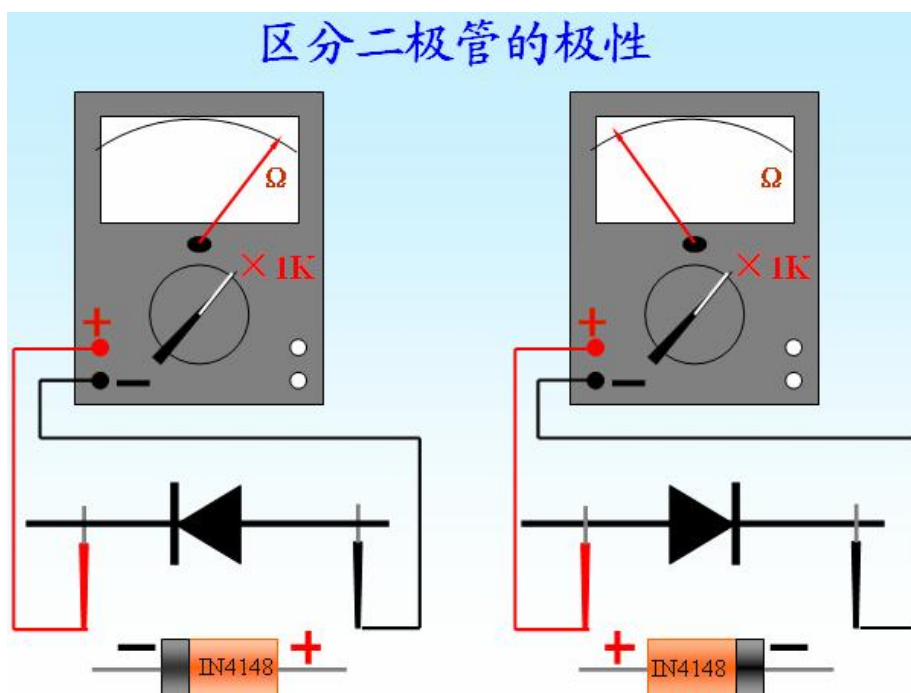
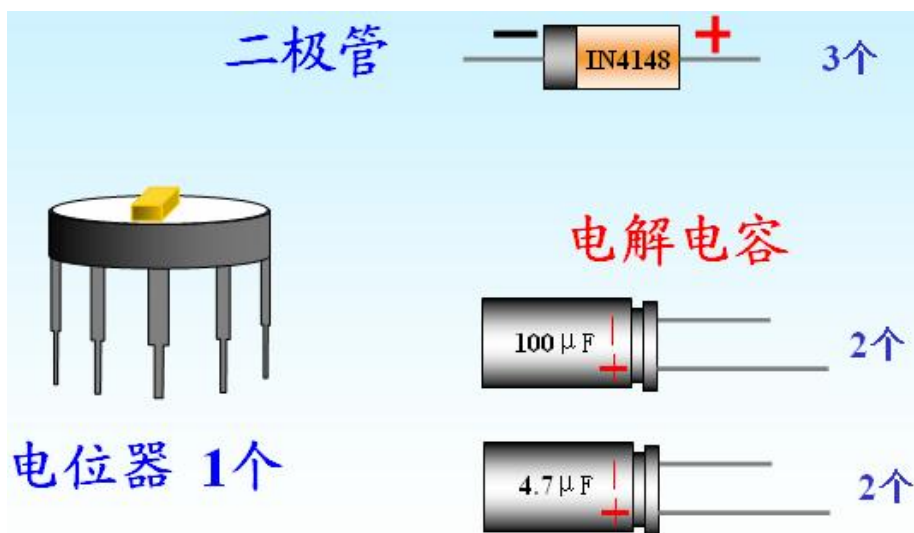


颜色	I	II	III	倍率	误差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6		$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7		$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8		
白	9	9	9		
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$

电阻 共13

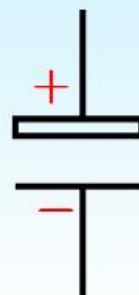
 R1 100k 棕黑黄	 R6 62k 蓝红橙	 R11 1k 棕黑红
 R2 2k 红黑红	 R7 51Ω 绿棕黑	 R12 220Ω 红红棕
 R3 100Ω 棕黑棕	 R8 1k 棕黑红	 R13 24k 红黄橙
 R4 20k 红黑橙	 R9 680Ω 蓝灰棕	
 R5 150Ω 棕绿棕	 R10 51k 绿棕橙	

二. 电位器、二极管、电解电容的识别



区分电容的极性

根据正接时漏电流小（阻值大），反接时漏电流大来判断。



+ 长
- 短

三. 云片电容的识别

连接线 Lines 4根



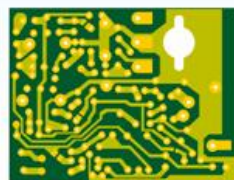
9个



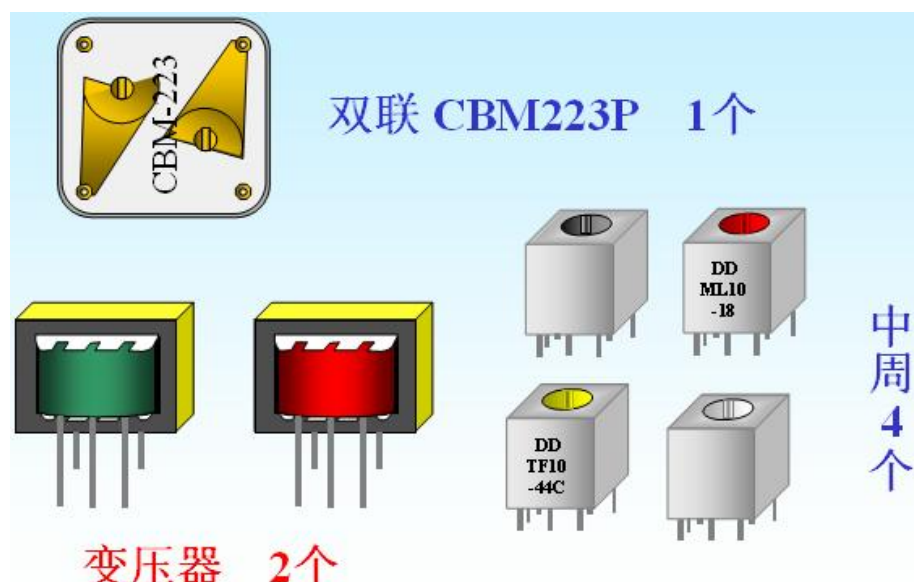
1个

元片电容共 10
个

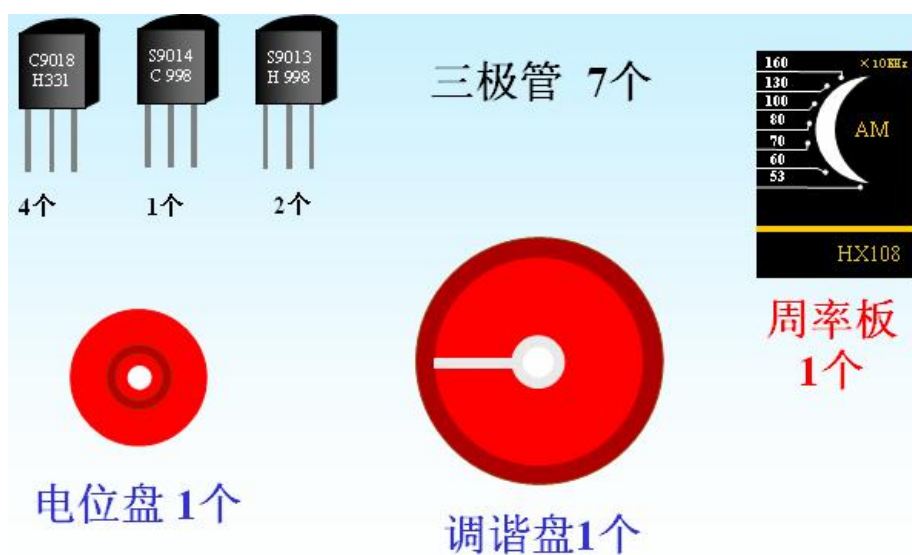
线路板 1 块



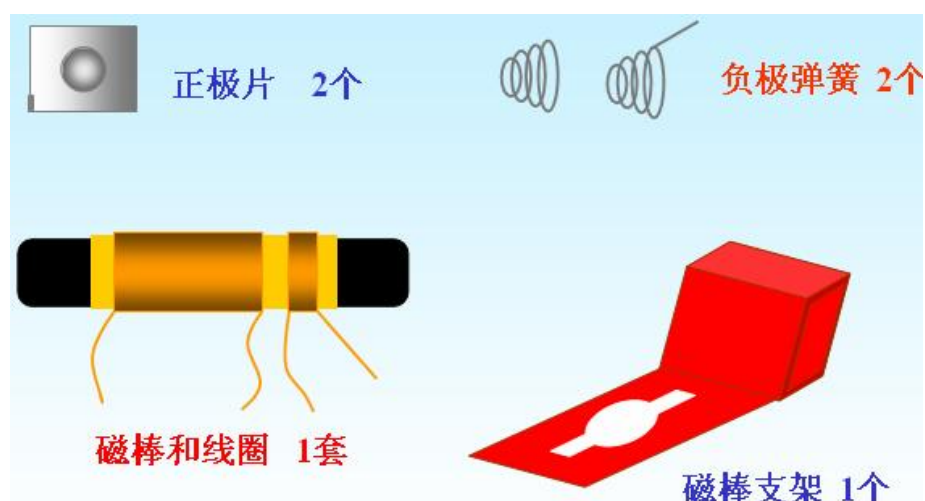
四. 双联电容、变压器、中周的识别



五. 三极管的识别



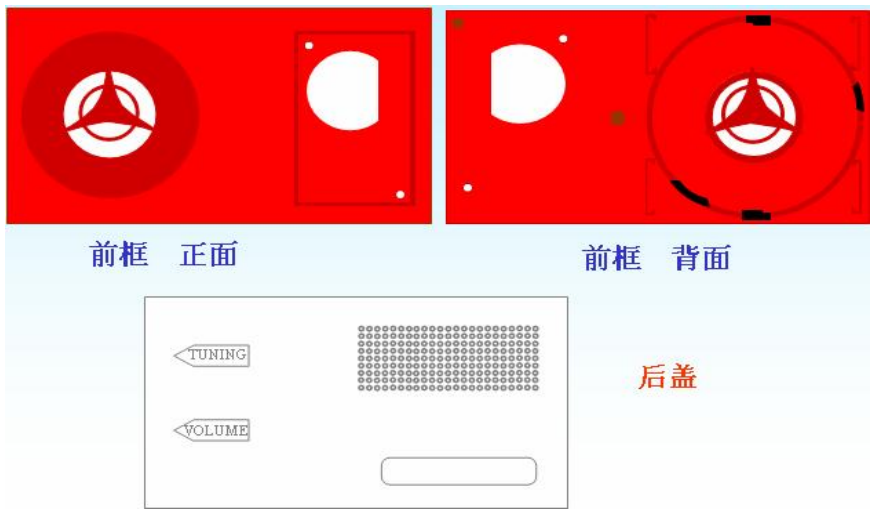
六. 磁棒、线圈的识别



七. 喇叭的识别

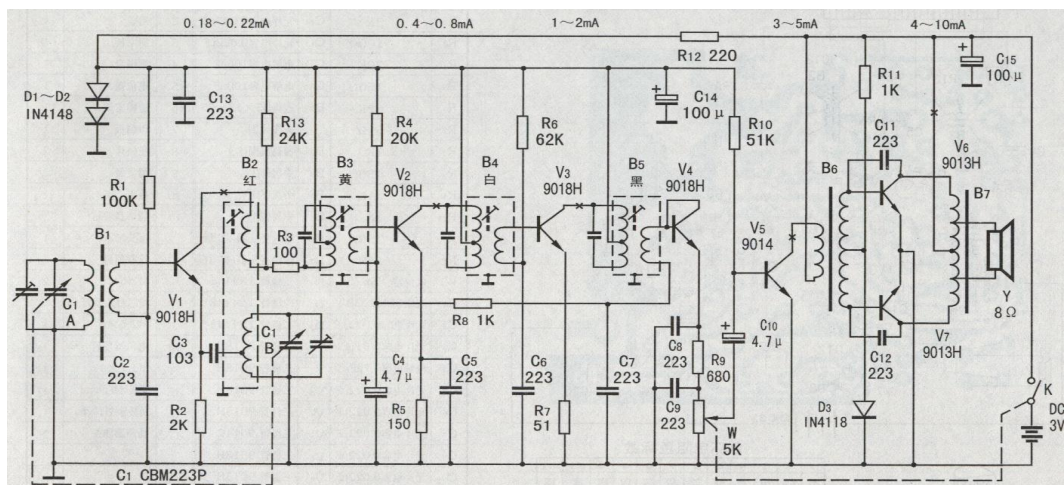


八. 前框、后盖的识别



附录三：无线电调试工高级工实践知识鉴定操作题

一、下图为调幅收音机整机电路图：



二、试题名称（项目）：收音机调试

考生按照上述收音机电路图，现场完成如下内容：

- 1、收音机中频 465KHz 调试；
- 2、收音机接收频率范围调整（频率覆盖）；
- 3、收音机三点跟踪（统调）；
- 4、收音机额定输出功率的测试；
- 5、完成调试操作报告；

三、试题说明：

- 1 调试程序、步骤等按规定执行；
- 2 调试过程中，若出现常见故障，考生应独立处理排除。
- 3 调试过程中，考评人员应注意观察考生的调试技能，发现问题可及时提出，考生应予以解答；
- 4 调试过程中，考生应做到安全、文明操作。
- 5 考核结束时，考生应完成调试报告，同时将操作台面恢复到考前状态。

四、操作时间：60 分钟（共有四个调试项目，每两个项目时间为 60 分钟）

时间允差：每超过总时间 2 分钟，扣总分 1 分（不到 2 分钟按 2 分钟计算），超过 15 分钟，则不计算成绩。

五、说明：1、整机电原理图，仪器（高频信号发生器、示波器、毫伏表），调试、维修常用元件材料由实验室专职人员准备；

2、万用表、电烙铁、镊子、无感螺旋刀、尖嘴钳等工具由学生准备；

超外差式晶体管收音机实训指导书

江苏信息产业厅国家职业技能鉴定所 无线电调试工高级工实践知识鉴定报告

班级 姓名 准考证号 得分

项 目	调 试 记 录		
调 中 频 465 KHz	所用 仪器 名称 型号		连接图
	调 试 步 骤	调高频信号发生器输出_____KHz，调制信号频率____KHz，调制度%，电平_____V，收音机调谐指针指向（最低端、最高端），此时电容器容量应处于(最大、最小)值位置，用(有、无)感起子按 色、 色、色顺序，调中周使示波器显示幅度最（大、小）。	
	量程 选择		测量数据或波形
	安全 事项		
调整 接收 范围 频率 覆盖	所用 仪器 名称 型号		连接图
	调 试 步 骤	1 低端覆盖的调整： 将高频信号发生器调至_____KHz,调制信号频率_____KHz 调制度%，将调谐指针指向_____KHz，调节(振荡电容器，振荡线圈)，使示波器_____KHz 波形幅度(最大、最小)。 2 高端覆盖的调整： 将高频信号发生器调至_____KHz,调制信号频率_____KHz，调制度%，将调谐指针指向_____KHz，调节(振荡电容器，振荡线圈)，使示波器_____KHz 波形幅度(最大、最小)。	
	量程 选择		测量数据或波形
	安全 事项		

超外差式晶体管收音机实训指导书

项 目	调 试 记 录		
三点统调跟踪	所用 仪器 名称 型号		连接图
	调 试 步 骤	a、600KHz 点跟踪的调整 将高频信号发生器调至____KHz,调制信号频率____KHz,调制度____% 将调谐指针指向____KHz, 调节(补偿微调电容器, 线圈),使示波器 KHz 波形幅度(最大、最小)。 b、1500KHz 点跟踪的调整 将高频信号发生器调至____KHz, 调制信号频率____KHz, 调制度____% ,将调谐指针指向____KHz, 调节(补偿微调电容器, 线圈), 使示波器____KHz 波形幅度(最大、最小)。	
	量程 选择		测量数据或波形
	安全 事项		
额定输出功率	所用 仪器 名称 型号		连接图
	调 试 步 骤	a、高频信号发生器调至____KHz, 调制信号频率____KHz, 调制度____%,调谐指针指向____KHz。 b、逐渐增加音量电位器, 使示波器 ____KHz 波形____且不失真。记录示波器电压数据。 U = c、按下列公式进行计算 $P = \frac{U^2}{R}$ _____ 或用其他方法测试额定输出功率, 写出调试步骤。	
	量程 选择		测量数据或波形
	安全 事项		

附录四：超外差晶体管收音机思考题

- 1.收音机的主要任务是什么？
- 2.讲述调幅信号的发射过程。
- 3.收音机的种类有哪些？
- 4.发射的无线电波如何被接收到呢？
- 5.画出超外差收音机的组成框图，并说明每一部分的作用，画出各部分波形图。
- 6.超外差收音机有哪些优缺点？
- 7.简述超外差收音机的基本工作原理。
- 8.收音机的性能指标有哪些？（举三个例子）
- 9.收音机的中频频率是多少？
- 10.收音机中波段频率范围是多少？
- 11.为什么不选用 26MHZ 以上频率作为固定的中频频率？
- 12.收音机的通频带是多少？
- 13.两个邻近电台之间信号衰减最小为多少？
- 14.什么叫收音机的灵敏度、选择性？
- 15.讲述输入回路的作用及工作原理。
- 16.本机振荡回路的作用是什么？
- 17.讲述本机振荡回路的振荡过程。
- 18.讲述变频电路的工作过程。
19. V_1 、 C_3 起什么作用？
20. V_1 起什么作用？
21. B_3 、 B_4 、 B_5 的作用是什么？
- 22.在图上指出检波电路的组成及其工作原理。
23. R_8 的作用是什么？AGC 自动增益控制电路的工作过程。
24. C_{10} 的作用是什么？
25. C_{11} 、 C_{12} 起什么作用？
26. V_5 、 V_6 、 V_7 各起什么作用？
27. D_1 、 D_2 起什么作用？
- 28.怎样判别三极管的三个管脚（e、b、c）？
- 29.如何检测变压器、线圈、中周的好坏？
- 30.怎样判别电容的好坏？
- 31.静态工作点电流小，可能有哪些原因而引起？

- 32.集电极电流太大可能原因有哪些?
- 33.讲述动态调试的步骤。
- 34.画出动态调试仪器仪表连接图。
- 35.动态调试的目的、操作过程。
- 36.频率范围调试的目的，操作过程。
- 37.收音机为什么要统调?操作过程。
- 38.如何检查统调效果?
- 39.怎样判别本振是否起振?
- 40.讨论为什么统调 600kHz 时，要调输入线圈在磁棒上的位置?为什么统调 1500kHz 时，要调输入回路微调电容 C_{1a} ?
- 41.调整中波灵敏度时，信号源的环形天线与收音机的磁棒线圈应成什么角度?灵敏度统调点一般选在哪几点?如何统调灵敏度?
- 42.在调整收音机灵敏度时，信号源的输出幅度为什么不能太大?
- 43.如中波收音机低端收台时声小，但用磁棒靠近该台声音变大，试问低端统调好了吗?此时天线电感是过大还是过小，应怎样调整为正确?
- 44.调整 AM 波段的频率覆盖范围，应采取几个步骤?
45. 如何使我们需要的电磁波在接收天线中激起的感应电流最强呢?

附录五： 电子整机装调（收音机）实习教学大纲（高专1周）

1. 实习项目中英文名称

电子整机装调（收音机）(Assemble and Debugging of Electronic Complete Machine(radio receiver))

2. 适用对象及专业

普高三年制电类相关专业；

3. 先修课程及实践项目

本课程的先修课为：电路基础、模拟电子技术、高频电子线路、电子实训、稳压电源实习等

4. 实习组织形式

分班集中实习1周；

5. 实习所需主要仪器设备

稳压电源、高频信号发生器、毫伏表、双踪示波器。

6. 实习目的

- (1) 使学生加深对《高频电子线路》所学知识的理解；
- (2) 掌握收音机的工作原理；
- (3) 了解一般整机的装配工艺和调试工艺；
- (4) 了解常用电子仪器仪表的工作原理和应用范围；
- (5) 了解常用元器件的特性、应用范围以及识别方法和判别方法；
- (6) 能正确使用常用电子仪器仪表；
- (7) 能阅读简单的电路原理图及设备的电路方框图；
- (8) 具有查阅手册等工具书和设备铭牌、产品说明书、产品目录等资料的能力；
- (9) 能处理电器及电子设备的简单故障；
- (10) 初步具备辩证思维的能力；
- (11) 加强学生的职业道德观念；
- (12) 培养学生热爱科学，实事求是的学风和创新意识、创新精神。

7. 实习质量标准及要求

- (1) 掌握收音机的工作原理；
- (2) 能正确使用常用电子仪器仪表；
- (3) 掌握收音机的调试方法；
- (4) 了解一般整机的装配工艺和调试工艺；
- (5) 掌握常用元器件的测量方法；
- (6) 能排除收音机的一般故障；
- (7) 独立完成收音机实习的各项内容；
- (8) 文明实习，保持实习场所卫生，工作台面整洁；
- (9) 注意用电安全。

8. 实习时间及学分

本实习时间为1周，折算30课时，1学分。

9. 实习基本内容及安排

课程内容		学时数	备注
理论部分	收音机的工作原理及指标	2	
	收音机的整机电路分析	4	
实践操作	整机装配工艺及安装	6	
	通电测试及故障排除	6	
	整机调试	6	
	整机验收及答辩	6	
总学时		30	

10. 成绩考核办法及折算比例

本实习项目采用五级计分制即优 (≥ 90)、良 (< 90 且 ≥ 80)、中 (< 80 且 ≥ 70)、及格 (< 70 且 ≥ 60)、不及格 (< 60)。实习成绩由过程考核、整机安装效果及整机性能、答辩、实习报告、实习期间的表现这四项构成，权重分别是：整机安装效果及整机性能 40%；答辩 30%；实习报告 20%；实习期间的表现 10%，每一项按百分制评分后依权重比例计入总成绩，按四舍五入计算。

11. 其它说明

- (1) 在教学中要从学生的实际出发，理论联系实际，以学生为主体，充分调动学生的积极性和主动性；
- (2) 在实践教学中，要以学生实际操作为主，老师要加强引导和辅导，要求学生独立完成项目；
- (3) 在实践教学中，要注意电路发展的新动向，适时引进新的教学内容；
- (4) 在教学中要适当引入计算机虚拟电子技术；
- (5) 作业为实习报告和答辩题。

电子整机装调（收音机）实习教学大纲（高职 1.5 周）

1. 实习项目中英文名称

电子整机装调（收音机）(Assemble and Debugging of Electronic Complete Machine(radio receiver))

2. 适用对象及专业

高职五年制电类相关专业；

3. 先修课程及实践项目

本课程的先修课为：电路基础、模拟电子技术、高频电子线路、电子实训、稳压电源实习等

4. 实习组织形式

分班集中实习 1.5 周；

5. 实习所需主要仪器设备

稳压电源、高频信号发生器、毫伏表、双踪示波器。

6. 实习目的

- (13) 使学生加深对《高频电子线路》所学知识的理解；
- (14) 掌握收音机的工作原理；
- (15) 了解一般整机的装配工艺和调试工艺；
- (16) 了解常用电子仪器仪表的工作原理和应用范围；
- (17) 了解常用元器件的特性、应用范围以及识别方法和判别方法；
- (18) 能正确使用常用电子仪器仪表；
- (19) 能阅读简单的电路原理图及设备的电路方框图；
- (20) 具有查阅手册等工具书和设备铭牌、产品说明书、产品目录等资料的能力；
- (21) 能处理电器及电子设备的简单故障；
- (22) 初步具备辩证思维的能力；
- (23) 加强学生的职业道德观念；
- (24) 培养学生热爱科学，实事求是的学风和创新意识、创新精神。

7. 实习质量标准及要求

- (10) 掌握收音机的工作原理；
- (11) 能正确使用常用电子仪器仪表；
- (12) 掌握收音机的调试方法；
- (13) 了解一般整机的装配工艺和调试工艺；
- (14) 掌握常用元器件的测量方法；
- (15) 能排除收音机的一般故障；
- (16) 独立完成收音机实习的各项内容；
- (17) 文明实习，保持实习场所卫生，工作台面整洁；
- (18) 注意用电安全。

8. 实习时间及学分

本实习时间为 1.5 周，折算 45 课时，1.5 学分。

9. 实习基本内容及安排

课程内容		学时数	备注
理论部分	收音机的工作原理及指标	2	
	收音机的整机电路分析	7	
实践操作	整机装配工艺及安装	9	
	通电测试及故障排除	9	
	整机调试	9	
	整机验收及答辩	9	
总学时		45	

10. 成绩考核办法及折算比例

本实习项目采用五级计分制即优 (≥ 90)、良 (< 90 且 ≥ 80)、中 (< 80 且 ≥ 70)、及格 (< 70 且 ≥ 60)、不及格 (< 60)。实习成绩由过程考核、整机安装效果及整机性能、答辩、实习报告、实习期间的表现这四项构成，权重分别是：整机安装效果及整机性能 40%；答辩 30%；实习报告 20%；实习期间的表现 10%，每一项按百分制评分后依权重比例计入总成绩，按四舍五入计算。

11. 其它说明

- (6) 在教学中要从学生的实际出发，理论联系实际，以学生为主体，充分调动学生的积极性和主动性；
- (7) 在实践教学中，要以学生实际操作为主，老师要加强引导和辅导，要求学生独立完成项目；
- (8) 在实践教学中，要注意电路发展的新动向，适时引进新的教学内容；
- (9) 在教学中要适当引入计算机虚拟电子技术；
- (10) 作业为实习报告和答辩题。